

**Petri Hentunen**

# **TUKKIEN VIRTAUKSEN ANALYSOINTI KUORINNASTA SORVAUKSEEN**

**Opinnäytetyö**  
**CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU**  
**Tuotantotalouden koulutus**  
**Marraskuu 2022**



**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Marraskuu 2022	<b>Tekijä/tekijät</b> Petri Hentunen
<b>Koulutus</b> Tuotantotalouden koulutus	<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK	
<b>Työn nimi</b> Tukkien virtauksen analysointi kuorinnasta sorvaukseen		
<b>Työn ohjaaja</b> Sakari Kinnunen, Elisa Saarela	<b>Sivumäärä</b> 72	
<b>Työelämäohjaaja</b> Samuli Laamanen		
<p>Tämän opinnäytetyön aihe oli tukkien virtauksen analysointi kuorinnasta sorvaukseen, joka tehtiin Metsä Wood kertopuutehtaalle Punkaharjulla. Metsä Group investoi Punkaharjulle uuden hautomolinjan ja sorvausyksikön vuonna 2018. Vuonna 2020 investoitiin kuorimon jälkeinen kuljetinlinjasto ja sorville syöttävä porrasannostelija. Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tutkia mitä mahdollisia ongelmia ja häiriöitä tukkien virtauksessa esiintyy. Käytin tutkimuksen selvittämisessä apuna Minitab-ohjelmaa, jonka tulosten avulla pyrin selvittämään, kuinka virtausta voitiin parantaa ja mikä oli koko prosessin kannalta tavoiteltavaa virtausta.</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena on myös löytää virtaukseen vaikuttavia erityis- ja satunnaissyyitä. Tietoperustana käytän prosessien tutkimisessa käytettävää teoriaa, joka etenee kuvion 2 mukaan: kaikki työ on prosessia, prosessit vaihtelevat, analysoi prosessin vaihtelua, kerää tietoa prosessista, poista erityisyyvaihtelu tai pienennä satunnaissyyvaihtelu ja ohjaa- tai muuta prosessia. Näiden seurauksena prosessin vaihtelu pienenee, laatu paranee ja asiakkaat ovat tyytyväisempiä.</p> <p>Käsiteltävä datatieto oli kerätty vuoden 2021 aikana tiedonkeruujärjestelmästä syötetyistä tukeista, sorvatuista pölleistä, virtauksessa esiintyneistä ongelmista ja häiriöiden kestoajoista. Analysointi alkoi nykytilanteen selvittämisellä ja kyvykkyysanalyysillä. Seuraavaksi analysoin Pareto-analyysin ja I-mR kortin avulla mitkä olivat prosessissa merkittävimpiä syitä, että kyseiseen tavoitteeseen ei päästä. Lopuksi analysoin juurisyyanalyysin avulla mitä ideoita oli mahdollista toteuttaa paremman virtauksen ratkaisemiseksi linjalla olevien häiriöiden poistamiseksi.</p> <p>Nykytilanne- ja kyvykkyysanalyysin perusteella tukkien virtaus kuorimoon ja pöllien virtaus sorvaukseen ei ollut stabiili eikä saavuttanut asetettua tavoitetta. Pareto-analyysin ja I-mR kortin perusteella sorvauksessa suurimpana syynä oli raaka-aineen puute, mikä johtui kuorimon sahalla olevista häiriöistä. Sahalla oleviin ruuhkiin oli syynä juurisyyanalyysin perusteella tyvisievistäjän puuttuminen ja lyhyiden tukkien virtauksen käyttötarkoitukseen tehdyt muutokset. Alun perin lyhyet tukit oli tarkoitus ajaa ohiajon kautta, mikä ei ollut enää käytössä. Tällä syyllä oli vaikutusta koko linjalla olevaan virtaukseen. Ratkaisuehdotukseni olivat juurisyyanalyysin perusteella tehtyjä ideoita, joilla voitaisiin parantavasti vaikuttaa linjan virtaukseen.</p>		

<b>Asiasanat</b> Graphical Summary, kyvykkyysanalyysi, Pareto-analyysi, I-mR- kortti, juurisyyanalyysi, virtaus
--

**ABSTRACT**

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> November 2022	<b>Author</b> Petri Hentunen
<b>Degree programme</b> Industrial management		
<b>Name of thesis</b> Log flow analysis from debarking to peeling		
<b>Centria supervisor</b> Sakari Kinnunen, Elisa Saarela		<b>Pages</b> 72
<b>Instructor representing commissioning institution or company</b> Samuli Laamanen		
<p>The topic of this thesis was the analysis of the flow of logs from debarking to peeling, which was made at Metsä Woods laminated veneer lumber factory in Punkaharju. Metsä Group invested in a new soaking line and turning unit in Punkaharju in 2018. In 2020, a conveyor line placed after the debarking unit and a stair dispenser were acquired. The purpose of my thesis was to investigate the possible problems and disturbances that may occur in the flow of logs. I used the Minitab program to help me to carry out to study the results of which I used to find out how the flow could be improved and what the desirable flow would be for the whole process.</p> <p>The aim of the study was also to find specific and random causes that affect the flow. In the theoretical background, I use theory related to studying processes, which proceeds according to figure 2: all work is a process, processes vary, analyzes process variability, collects information about the process, eliminate special cause variation, or reduce random cause variation and control or other process. As a result, the variation in the process decreases, the quality improves, and customers are more satisfied.</p> <p>The data to be processed was collected during the year 2021 from the logs that entered from the data collection system, turned logs, flow problems and duration of disturbances. The analysis began with an analysis of the current situation and a capability analysis. Next, using the Pareto analysis and the I-mR card, I analyzed what the main reasons were for that the objective is not achieved. Finally, using root cause analysis, I analyzed which ideas could be implemented to improve the flow to eliminate the disturbances on the line.</p> <p>Based on the current situation and the capability analysis, It was found out that the flow of logs into the debarking unit and the flow of the logs to the turning was not stable and did not reach the target set. Based on the pareto analysis and the I-mR card, in turning the main reason was the lack of raw material due to disturbances in the shell debarking sawline. Based on the root cause analysis, the congestion at the debarking sawline was due to the absence of a butt flare reducer and changes to the purpose of use of the flow of short logs. Initially, the short logs were to be driven through a drive-by, which was no longer in use. This reason affected the flow throughout the line. My solutions were ideas made on the basis of a root cause analysis that could improve the flow of the line.</p>		

<p><b>Key words</b> Graphical Summary, Capability Analysis, Pareto Analysis, I-mR chart, Root Cause Analysis, flow</p>
--

## **KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**

### **C<sub>p</sub> -indeksi**

Ilmaisee asetetun vaatimuksen ja prosessin synnyttämän vaihtelun välisen suhteen.

### **C<sub>pk</sub> -indeksi**

Ilmaisee prosessille asetetun spesifikaatioalueen ja todellisen vaihtelun välisen suhteen. Huomioi myös ilmiön, jossa prosessin keskiarvo ei ole keskitetty spesifikaatioalueen suhteen.

### **Erityissyy**

Ennustamattomasta syystä syntynyt virhe tai poikkeama.

### **Satunnaissyy**

Prosessin kohinaa, joka on syntynyt ennustettavasta syystä.

### **Minitab**

Datan analysointiohjelmisto.

### **SPC**

Tilastollinen prosessinohjaus.

### **Pareto-analyysi**

Todennäköisyysjakauma, jonka mukaan 80 % seurauksista johtuu 20 %:sta syistä.

### **I-mR**

Yksittäisen havainnon ja liukuvan vaihteluvälin ohjauskortti.

### **Virtaus**

Materiaalien ja tiedon siirtymistä prosessin läpi.

### **Juurisyyanalyysi**

Ongelman taustasyyn tunnistamiseen käytettävä menetelmä.

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 PROSESSIEN ANALYSOINTI JA PARANTAMINEN</b> .....	<b>9</b>
2.1 Prosessit vaihtelun analysointi .....	10
2.1.1 Nykytilanneanalyysi.....	11
2.1.2 Pareto-analyysi .....	11
2.2 Kehitä tietoa prosessista .....	13
2.2.1 Prosessin kyvykkyys.....	13
2.2.2 SPC-ohjauskortti ja sen valinta .....	15
2.2.3 Juurisyysanalyysi.....	17
2.3 Prosessin virtauksen ohjaaminen .....	18
2.3.1 Jatka datan keruuta prosessin aikana ja tunnista erityisyyt.....	19
2.3.2 Ohjauskortti – I-mR .....	19
<b>3 TUTKIMUSALUE</b> .....	<b>21</b>
3.1 Tutkimusalue 1 kuorimo .....	22
3.2 Tutkimusalue 2 haudonta.....	23
3.3 Tutkimusalue 3 sorvaus.....	26
<b>4 TUTKIMUSASETELMA</b> .....	<b>27</b>
4.1 Tutkittavat prosessin vaiheet .....	27
4.2 Nykytilan selvitys .....	27
4.3 Analysointi .....	28
4.4 Päätelmien tekeminen.....	28
<b>5 PROSESSIN ANALYYSIT</b> .....	<b>29</b>
5.1.1 Tutkittava datatieto .....	29
5.2 Tarkastelualue 1 kuorimo .....	30
5.2.1 Graphical Summary kpl.....	30
5.2.2 Graphical Summary käyntiaste .....	31
5.2.3 Kyvykkyysanalyysi.....	32
5.2.4 Pareto-analyysi .....	34
5.2.5 I-mR -kortti kpl.....	37
5.2.6 I-mR -kortti käyntiaste .....	38
5.3 Tarkastelualue 2 haudonta.....	40
5.3.1 Haudonta-ajat.....	40
5.3.2 Pareto-analyysi haudonta .....	41
5.4 Tarkastelualue 3 sorvaus.....	42
5.4.1 Graphical Summary 1 sorvin kpl .....	43
5.4.2 Graphical Summary 1 sorvin käyntiaste .....	44
5.4.3 Graphical Summary 2 sorvin kpl .....	44
5.4.4 Graphical Summary 2 sorvin käyntiaste .....	46
5.4.1 Kyvykkyysanalyysi Sorvaus.....	48

5.4.2 Pareto-analyysi sorvaus 1 .....	50
5.4.3 Pareto-analyysi sorvaus 2 .....	51
5.4.4 I-mR -kortti sorvaus 1 kpl .....	52
5.4.5 I-mR -kortti sorvaus 1 käyntiaste .....	54
5.4.6 I-mR -kortti sorvaus 2 kpl .....	55
5.4.7 I-mR -kortti sorvaus 2 käyntiaste .....	57
5.5 Kaikki tutkimusalueet yhdessä .....	58
5.5.1 Graphical Summary .....	58
5.5.2 Kyvykkyysanalyysi .....	59
5.5.3 Juurisyyanalyysi .....	60
5.5.4 Tarkastelujaksolla poistetut viat ja tehdyt korjaukset: .....	65
<b>6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>68</b>
6.1 Prosessin ohjaus .....	69
6.1.1 Ohjaa ja muuta prosessia .....	70
<b>7 POHDINTA JA PÄÄTELMÄT .....</b>	<b>72</b>

## LIITTEET

### KUVIOT

KUVIO 1. Laadun historian kehitysjaksot .....	9
KUVIO 2. Tutkimuksen jaksot .....	10
KUVIO 3. Pareto-analyysi .....	12
KUVIO 4. Esimerkki ohjauskortista .....	16
KUVIO 5. Ohjauskortin valinta .....	17
KUVIO 6. Tutkimusalueen lay-out .....	21
KUVIO 7. Graphical Summary kuorimon kpl .....	30
KUVIO 8. Graphical Summary kuorimon käyntiaste .....	31
KUVIO 9. Kuorimon kyvykkyysanalyysi .....	32
KUVIO 10. Kuorimon kyvykkyysanalyysi .....	33
KUVIO 11. Kuorimon kyvykkyysanalyysi .....	33
KUVIO 12. Pareto-analyysi kuorimo .....	34
KUVIO 13. Kuorimon I-mR-kortti kpl. ....	37
KUVIO 14. Kuorimon I-mR-kortti käyntiaste .....	39
KUVIO 15. Pareto-analyysi haudonta .....	42
KUVIO 16. Graphical Summary 1 sorvin kpl .....	43
KUVIO 17. Graphical Summary 1 sorvin käyntiaste .....	44
KUVIO 18. Graphical Summary 2 sorvin kpl .....	45
KUVIO 19. Graphical Summary 2 sorvin kpl .....	46
KUVIO 20. Graphical Summary 2 sorvin käyntiaste .....	47
KUVIO 21. Graphical Summary 2 sorvin käyntiaste .....	47
KUVIO 22. Kyvykkyysanalyysi sorvaus .....	48
KUVIO 23. Kyvykkyysanalyysi sorvaus .....	48
KUVIO 24. Kyvykkyysanalyysi sorvaus .....	50
KUVIO 25. Pareto-analyysi sorvaus 1 .....	51
KUVIO 26. Pareto-analyysi sorvaus 2 .....	52
KUVIO 27. I-mR -kortti sorvaus 1 kpl .....	53
KUVIO 28. I-mR -kortti Sorvaus 1 käyntiaste .....	54
KUVIO 29. I-mR -kortti sorvaus 2 kpl .....	56

KUVIO 30. I-mR -kortti sorvaus 2 käyntiaste .....	58
KUVIO 31. Juurisyyanalyysi .....	62
KUVIO 32. Juurisyyanalyysi .....	64
KUVIO 33. Kuorimon kyvykkyysanalyysi .....	66
KUVIO 34. Kuorimon kyvykkyysanalyysi .....	67

## **KUVAT**

KUVA 1. Juurisyyanalyysi. ....	18
KUVA 2. Kuorimon sahan syöttökuljetin ja sivusiirtopukkaaaja .....	22
KUVA 3. Hautomon täyttö .....	24
KUVA 4. Hautomon vasteet .....	25
KUVA 5. Sorvaus .....	26
KUVA 6. Tukki jumissa kumimatolla .....	35
KUVA 7. Tukki poikittain annostelussa .....	35
KUVA 8. Kaksi tukkia sahan annostelussa .....	36
KUVA 9. Toteutettu juurisyyanalyysi. ....	61

## **TAULUKOT**

TAULUKKO 1. Kuorimon häiriöt.....	36
TAULUKKO 2. Haudonnan haudonta-ajat (h).....	41
TAULUKKO 3. Hautomon häiriöiden syyt.....	42
TAULUKKO 4. Graphical Summary .....	59
TAULUKKO 5. Kyvykkyysanalyysi.....	60
TAULUKKO 6. Pareto-analyysi.....	60

<b>LÄHTEET.</b> .....	73
-----------------------	----

## 1 JOHDANTO

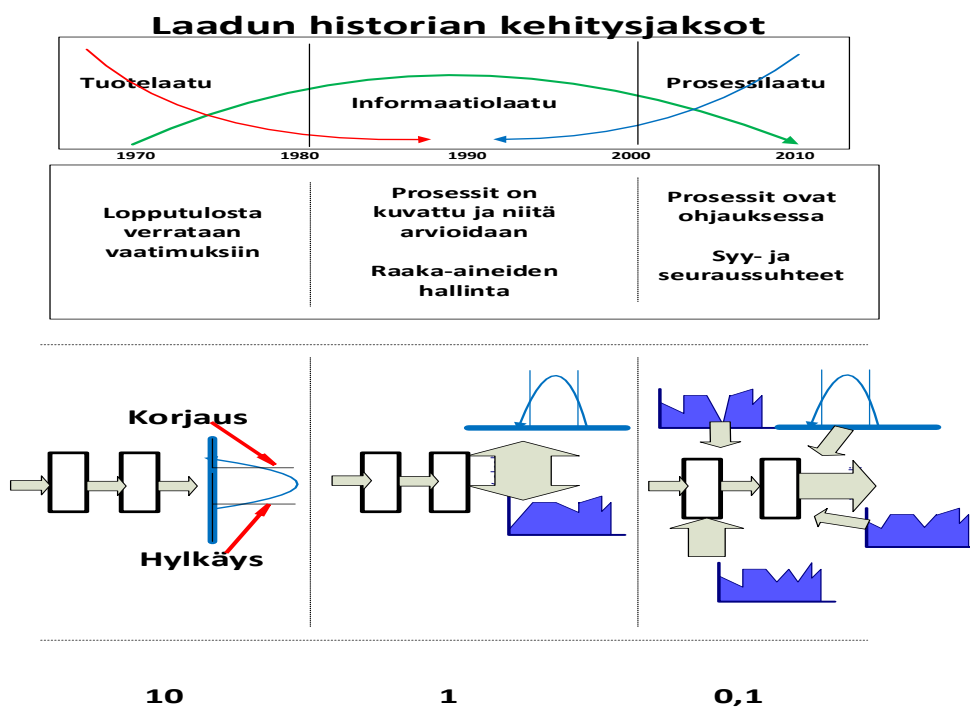
Metsä Wood on merkittävä kertopuun valmistaja maailmanlaajuisesti. Sillä on Suomessa kaksi LVL tehdasta, jotka sijaitsevat Punkaharjulla ja Lohjalla. Punkaharjulle investoitiin 2018 tehdaslaajennus, mikä lisäsi vuosittaisen valmistusmäärän 65 000 m<sup>3</sup>:stä 130 000 m<sup>3</sup>:iin. Tässä investoinnissa tehtiin uusi sorvauslinja ja hautomon prosessi muutettiin kanaalihaudonnasta kamarihaudontaan. Vuonna 2020 tehtiin investointi uuteen hautomon kuljetinlinjastoon ja sorvaukselle syöttävään pöllinannostelijaan. Kuorimoon ei ole tehty investointia, mutta sen on tarkoitus tapahtua kesällä 2022.

Opinnäytetyöni rajaus alkaa tukinsyötöstä ja etenee vaiheittain kuorintaan, katkaisuun, haudontaan ja sorvaukseen. Tämä on tutkimusalueeni ja tutkimusongelmat ovat tukkien ja pöllien virtaukseen liittyvät ongelmat. Tarkoitukseni on selvittää eri työvaiheissa ilmenevää erityisyyvaihtelua, miten kyvykkäästi koko prosessi eri vaiheissaan suoriutuu annetuista tuotannollisista tavoitteista. Nykytilanteen tuotannollinen tavoite on 6 200 tukkia päivässä.

Lopputarkasteluni prosessista koskee linjan kokonaisuutta yhdessä eli miten linjan eri toiminnot ovat kokonaisuudessaan vaikuttavia keskenään. Vaikutusta tarkastellaan Pareto-analyysin, I-mR kortin ja juurisyyanalyysissä perusteella löytyneiden ongelmien perusteella. Tavoitteena on löytää erityisyyihin vaikuttavia syitä ja saada tehtyä yhtenäinen tilannekuva prosessin kyvykkyydestä. Tutkimusmenetelmä on kvantitatiivinen tutkimus ja käytän analyysien laadinnassa apuna Minitab-ohjelmistoa, joka on tilastollinen todennäköisysohjelmisto. Tulosten tulkinnat tehdään sitten tehtyjen analyysien pohjalta. Saaduista datan tutkimustuloksista ehdotan prosessin kannalta merkittäviä parannusehdotuksia, jotka vaikuttavat prosessin toimivuuteen ja virtaukseen. Tavoitteena on saada prosessi toimimaan parhaalla mahdollisella tavalla.

## 2 PROSESSIEN ANALYSOINTI JA PARANTAMINEN

Laadun painopiste on siirtynyt lopputuotteenlaadusta prosessinohjauksen kautta laadunparantamiseen, jossa optimoidaan prosessintoleransseja ja suorituskykyä saadakseen parempi laatu tuotteelle (kuvio 1). Tuotelaadussa tuotteen lopputulosta verrataan vaatimuksiin, esimerkiksi täyttääkö kappale laadun asettamat kriteerit. Tämä edellyttää tuotteiden jatkuvaa mittausta ja valvontaa. Prosessilaadussa keskeisenä ajatuksena on prosessin ohjaaminen, prosessien kuvaaminen ja raaka-aineen hallinta. Ohjauskorttien käyttäminen ja raaka-aineen laadullinen parantaminen ovat keskeisesti vaikuttavia tekijöitä prosessinlaadussa. Informaatiolaadussa pystytään käsittelemään prosesseissa paljon informaatiota, mikä mahdollistaa prosessien eri osien olemisen ohjauksessa ja syy- seuraussuhteiden tarkan selvittämisen (Karjalainen & Karjalainen 2020, 146.)



KUVIO 1. Laadun historian kehitysjaksot (mukaillen Karjalainen & Karjalainen 2020, 146.)

Laadun historian kehitysvaiheet, joita ovat tuotelaatu, prosessilaatu ja informaatiolaatu on nähtävissä kuviossa 1. Modernin laatutekniikan on kehittänyt Walter A. Shewhart, joka vuonna 1924 esitteli Bellin laboratoriossa ensimmäisen ohjauskorttia koskevan tekniikan, jossa oli ratkaisuparannus ongelmaan (Karjalainen & Karjalainen 2020, 146.)

## 2.1 Prosessit vaihtelun analysointi

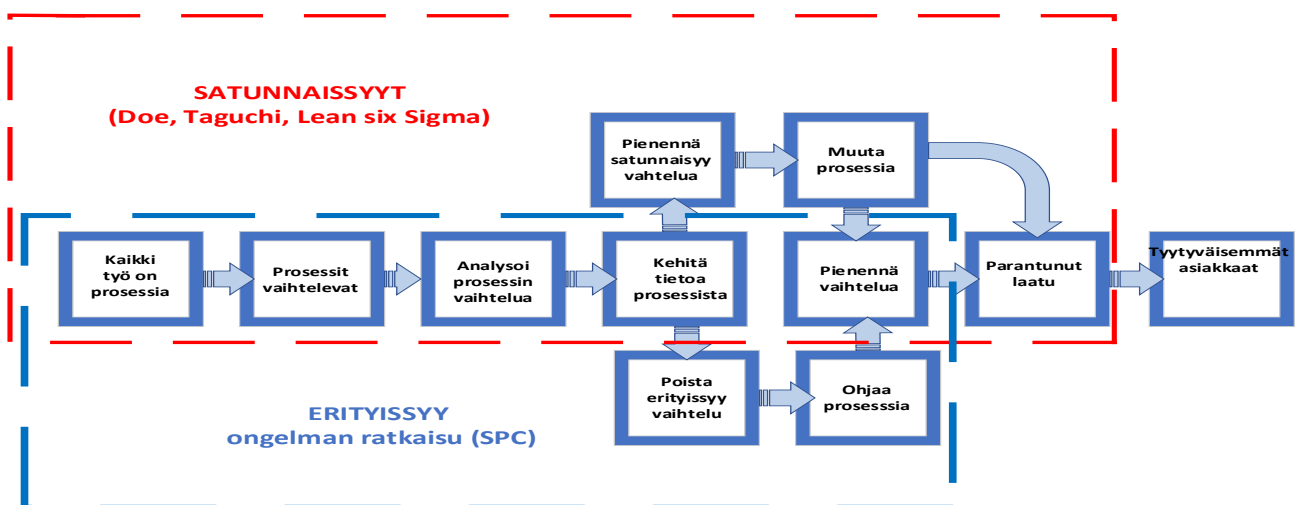
Prosessissa kaikki tekijät vaihtelevat aina jonkun verran ja siksi prosessin ulostulo on ennustettavissa, mikäli prosessi on stabiili. Tilastollinen ajattelussa on otettava huomioon että:

- kaikki työ tapahtuu keskinäisriippusuhteessa olevassa prosessien systeemissä.
- kaikki prosessit vaihtelevat.
- vaihtelun ymmärtäminen ja pienentäminen ovat avain onnistumiseen.

(Karjalainen & Karjalainen 2020, 149.)

Prosessissa esiintyvä vaihtelu on jokaiselle prosessille ominaista ja sen tähden on tärkeää tutkia sitä systemaattisesti ja edetä vaiheittain. Tarkasteltavat jaksot ovat kuvion 2 mukaan: kaikki työ on prosessia, prosessit vaihtelevat, analysoi prosessin vaihtelua, kerää tietoa prosessista, poista erityisyys vaihtelu tai pienennä satunnaissyys vaihtelu ja ohjaa- tai muuta prosessia. Näiden seurauksena prosessin vaihtelu pienenee, laatu paranee ja asiakkaat ovat tyytyväisempiä.

Tutkimustyön tavoitteena on tutkia kvantitatiivisilla tutkimusmenetelmillä prosessin vaihtelua, joka määrittää prosessin tilan stabiiliin ja epästabiiliin tilaan. Näiden selvittämisessä on tarkoitus edetä vaiheittain tutkien prosessissa olevaa virtausta ja siihen vaikuttavia syitä. Tämän selvittämisessä käytän apuna kyvykkyysanalyysia, Graphical Summary ja I-mR -ohjauskorttia, jotka selvittävät tilastollisesti prosessissa tapahtuvaa virtausta. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan prosessien kehittämistä kuvion 2 mukaisesti.



KUVIO 2. Tutkimuksen jaksot (mukaiillen Karjalainen & Karjalainen 2020, 150.)

Kuvion 2 mukaan tutkimusjakson ensimmäinen askel on analysoida prosessin vaihtelua selvittämällä prosessin nykytila. Tämän selvittäminen on tilastollisessa prosessin ohjauksessa tärkeää, jotta voidaan tutkia virtauksessa olevaa vaihtelua. Analysoin nykytilannetta kyvykkyysanalyysillä ja Graphical Summarylla. Käytän prosessin vaihtelun selvittämiseksi seuraavia analyysejä, joita kuvaan seuraavissa kappaleissa.

### 2.1.1 Nykytilanneanalyysi

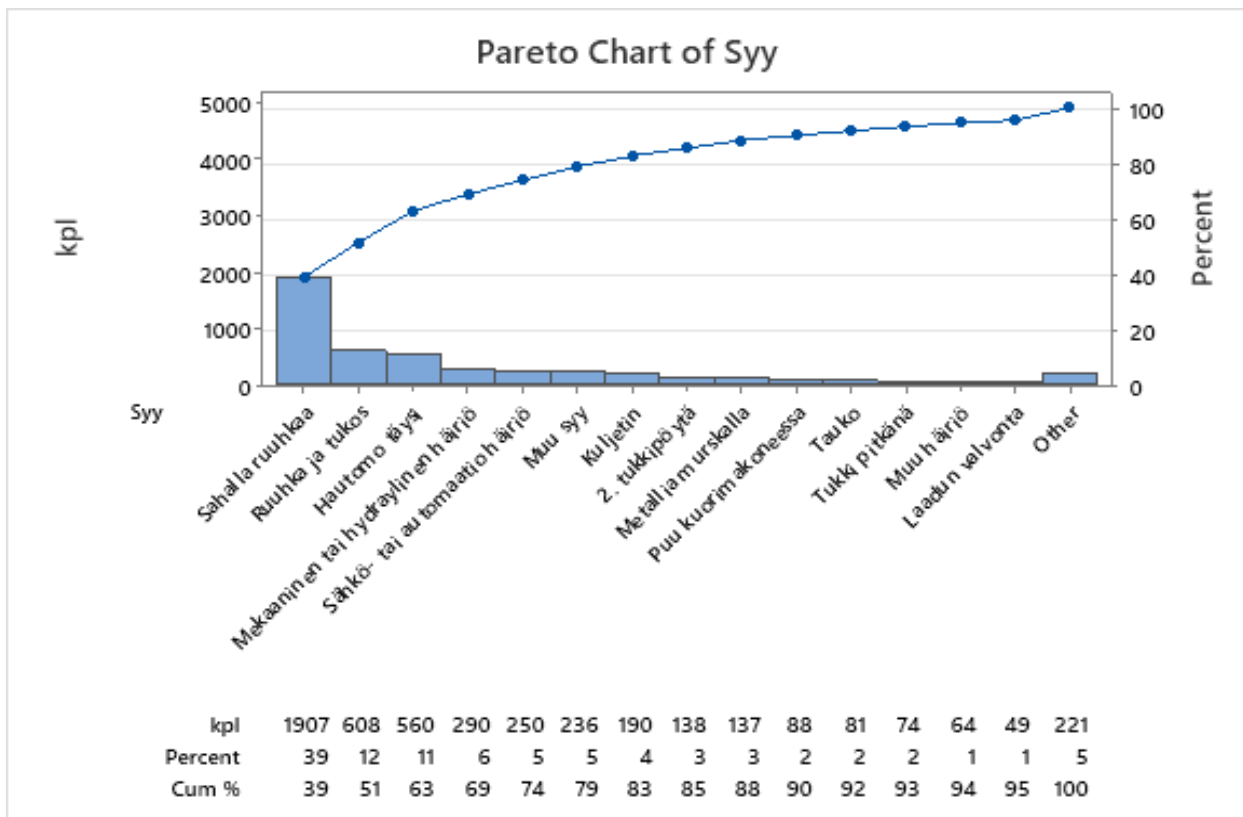
Nykytilanteen määrittämiseen käytetään mitattavan datan avulla tehtyjä analyysejä. Tavoitteena on saada selville miten stabiilissa- epästabiilissa tilassa prosessin virtaus on. Tämä liittyy prosessin vaihtelun analysoimiseen ja sen selvittämiseen. Minitabilla on käytössä monia analyysityökaluja nykytilanteen selvittämiseksi ja käytän niistä Grafical Summary ja Pareto-analyysiä. Nykytilanteen selvittämisen tavoitteena on saada tietoa prosessin vaihtelusta ja selkeä kuva prosessin virtauksen kulusta.

### 2.1.2 Pareto-analyysi

Pareto-analyysin historia perustuu italialaiseen taloustieteilijän Vilfredo Pareto (1848–1923) havainnointiin, jonka mukaan 80 % eriasioiden seurauksista johtuu 20 % olevista syistä. Myöhemmin yhdysvaltalainen Joseph Juran (1904–2008) kehitti sitä laatutekniikassa käytettäväksi menetelmäksi. Sillä voidaan esim. graafisesti esittää 80 % tilastossa oleviensyiden, johtuvan 20 % olevista häiriöidensyistä. Saaduilla tuloksilla voidaan kohdentaa syiden tutkiminen merkittäviin kohteisiin ja näin saada parannettua prosessia ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Saaduista tuloksista voidaan tehdä helpommin päätöksiä ja arvioida prosessin riskiä ja suoriutumista (Centria Sakari Kinnunen 2021.)

Pareto-analyysia käytetään prosessin ongelmien etsimisessä. Saaduista tuloksista voidaan selvittää miten 80 / 20 sääntö toteutui. Keskeistä on selvittää, pitääkö merkittävimpiä tekijöitä tutkia vielä tarkemmin ja onko datan keruussa ollut tekijöitä, jotka vääristävät saatuja tuloksia. Näitä voivat olla virheellisesti merkityt kohteet tai tulosten väärä haku. Johtopäätösten tekeminen on Pareto-analyysin kannalta tärkeää, sillä analyysillä etsitään prosessin kannalta tärkeimpiä kohteita, jotka vaikuttavat prosessin toimintaan. Näillä johtopäätöksillä vaikutetaan merkittävästi mitä kohteita aletaan tarkastelemaan ja etsimään niihin parannustoimenpiteitä. Pareto-analyysin tekeminen etenee vaiheittain seuraavasti:

- Määritellään virheille/ syille kategoriat, joita haluat käytettävän
- Määritä aikaväli, jolta tiedot kerätään (kk, vko, työvuoro jne.)
- Luo datankeruumake, ohjeista datan kerääjät, kerää data
- Laske kunkin kategorian havaintojen määrät yhteen ja niiden prosentiosuudet kaikkien havaintojen määrästä
- Lajittele tiedot laskevaa järjestykseen (suurin ensin)
- Piirrä Pareto-kuvaaja
- Tee johtopäätökset ja määrittele jatkotoimenpiteet  
(Centria Sakari Kinnunen 2020.)



KUVIO 3. Pareto-analyysi (mukaan Minitab)

Tämän jälkeen piirretään Pareto-kuvaaja, joka näkyy esimerkiksi kuviossa 3. Tämän jälkeen arvioidaan miten 80 / 20-sääntö toteutuu ja mitkä ovat nämä merkittävimmät tekijät tulosten perusteella. Tärkeää on huomioida, pitääkö merkittävimpiä tekijöitä tutkia vielä tarkemmin ja oliko datan keruussa

tekijöitä, jotka voivat mahdollisesti vääristää saatuja tuloksia. Näiden perusteella voidaan päätellä jatkotoimenpiteiden tekemisestä ja ottaa prosessin analysoimiseksi vaikuttavimmat tekijät (Centria Sakari Kinnunen 2021.)

## **2.2 Kehitä tietoa prosessista**

Toinen askel tutkimusjaksossa kuvion 2 mukaan on tilastollisen prosessinohjauksen (SPC) käyttöön siirtyminen, jossa pyritään erottamaan prosessissa olevat poikkeamat 3 sigman ohjausrajoilla ja stabiloimaan prosessissa oleva vaihtelu korjaavien toimenpiteiden tekemisellä ja näillä toimenpiteillä löytämään prosessissa olevia erityisyyden aiheuttajia. (Piirainen 2014, 135)

Kun prosessin virtaus on stabiili ja näin ollen sen toiminta on ennustettavaa, niin pystytään tutkimaan virtauksessa olevia satunnaissyitä. Kuvion 2 mukaan tämän selvittämisessä voidaan käyttää Doe, Taguchi ja Lean Sixsigma, menetelmiä. Kehitän tietoa prosessista tutkimalla sitä seuraavilla menetelmillä, jotka ovat kyvykkyysanalyysi, SPC -ohjauskortti ja juurisyyanalyysi.

Prosessin stabiloituminen ja vaihtelun pienentäminen mahdollistavat satunnaisen vaihtelun tutkimisen kolmannessa vaiheessa, jonka tarkoituksena on etsiä prosessissa ilmenevää satunnaista vaihtelua (Piirainen 2014, 135).

Prosessin ollessa epästabiili, on eri toimenpiteiden tarkoituksena keskittää tutkimus vaihtelun pienentämiseen ja sen selvittämiseen, mistä mahdollinen epästabiilisuus johtuu (Piirainen 2014, 133.)

Epästabiilin prosessin virtauksen tutkimisessa voidaan kuvion 2 mukaan tutkia SPC-ohjauskorttia, jonka avulla systemaattisesti pystytään löytämään prosessin virtauksessa olevat erityisyydet ja poistamaan ne.

### **2.2.1 Prosessin kyvykkyys**

Kyvykkyysanalyysin tarkoituksena on mitata prosessin suorituskykyä eli pystyykö se tuottamaan tarpeeksi riittävää ulostuloa, jota siltä prosessin suorituksena odotetaan. Samalla sille mitataan kyvykkyyttä mittaava sigmataso. Näin prosessi on paremmin ennustettavissa: miten se käyttäytyy tulevaisuudessa.

Prosessin on oltava riittävän stabiili, jotta kyvykkyysanalyysi voidaan tehdä. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 277–278.)

Kyvykkyysanalyysi perustuu statistiikkaan, eli tilastolliseen todennäköisyyteen. Sen tarkoituksena on saada selvitettyä prosessin kyvykkyys suhteessa tavoitteeseen eli toleransseihin. Näiden tulosten tulkitsemisessa Minitab-ohjelmisto käyttää seuraavia kriteerejä:

- $C_{pk}$  ja  $C_p$ . Prosessin suorituskyykyindeksien tavoitearvot suorituskyykyille on:  $C_{pk} \geq 1,5$  ja  $C_p \geq 2$  (Karjalainen & Karjalainen 2020, 91.)

$C_{pk}$  ja  $C_p$  arvot kuvaavat prosessissa olevaa suorituskyykyindeksiä lyhyellä ajalla.  $C_{pk}$ -indeksiä laskettaessa näistä kahdesta luvusta valitaan pienempi. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 145–148):

- Lyhyen ajan suorituskyykyindeksi  $C_p = (USL - LSL) / 6\sigma_{st}$ , jossa USL on yläohjausraja, LSL on alaohjausraja ja  $\sigma$  on keskihajonta.
- Lyhyen ajan suorituskyykyindeksi, yläohjausraja  $C_{pk(USL)} = (USL - \bar{X}) / 3\sigma_{st}$ , jossa USL on yläohjausraja,  $\bar{X}$  on keskiarvo ja  $\sigma$  on keskihajonta.
- Lyhyen ajan suorituskyykyindeksi, alaohjausraja  $C_{pk(LSL)} = (\bar{X} - LSL) / 3\sigma_{st}$ , jossa LSL on alaohjausraja,  $\bar{X}$  on keskiarvo ja  $\sigma$  on keskihajonta.

Pitkän ajan suorituskyykyindeksit ovat  $P_p$  ja  $P_{pk}$ . Näillä indeksiarvoilla lasketaan prosessin pitkällä ajalla tapahtuvaa standardipoikkeamaa. Koska  $P_{pk}$  käyttää pitkään ajan vaihtelua prosessissa, on sillä hyvä mitata prosessin kyvykkyuden ennustettavuutta pitkällä aikavälillä (Karjalainen 2002, 146-147.)

- Pitkän ajan suorituskyykyindeksi  $P_p = (USL - LSL) / 6\sigma_{lt}$ , jossa USL on yläohjausraja, LSL on alaohjausraja ja  $\sigma$  on keskihajonta.
- Pitkän ajan suorituskyykyindeksi, yläohjausraja  $P_{pk(USL)} = (USL - \bar{X}) / 3\sigma_{lt}$ , jossa USL on yläohjausraja,  $\bar{X}$  on keskiarvo ja  $\sigma$  on keskihajonta.
- Pitkän ajan suorituskyykyindeksi, alaohjausraja  $P_{pk(LSL)} = (\bar{X} - LSL) / 3\sigma_{lt}$ , jossa  $\bar{X}$  on keskiarvo, LSL on alaohjausraja ja  $\sigma$  on keskihajonta.

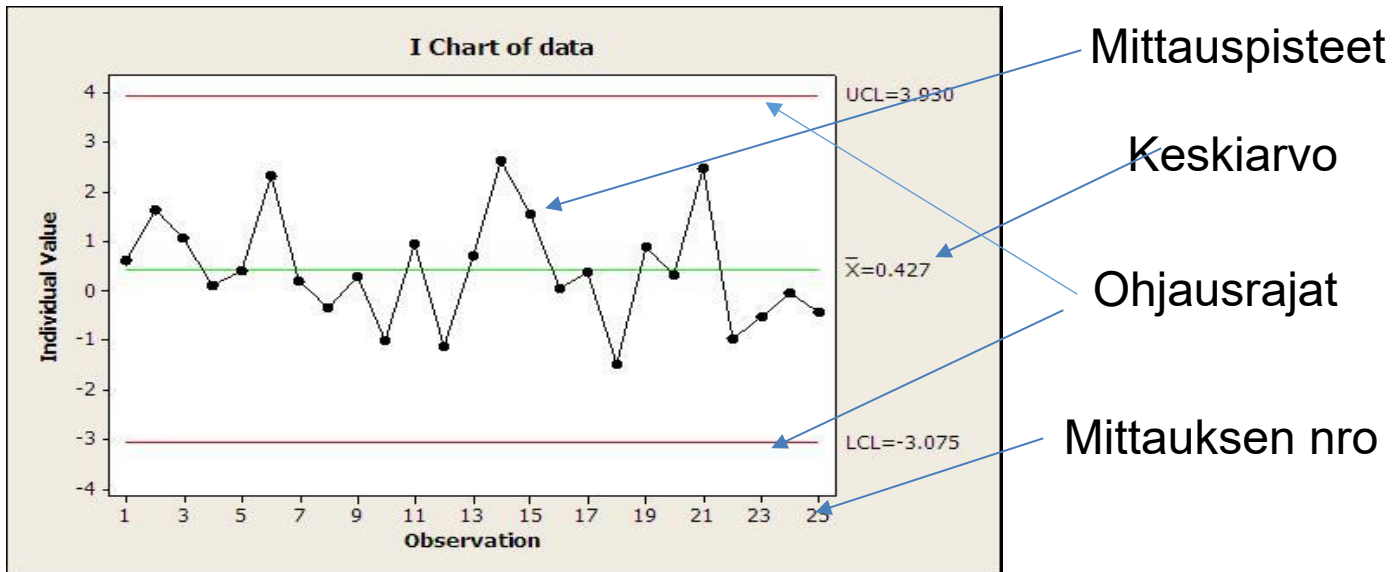
Mitä korkeampi on prosessissa oleva indeksitaso, sitä paremmin ja laadukkaammin prosessi toimii ja siinä on vähemmän vaihtelua. Jos yrityksen sigmataso on korkea sen eri prosesseissa, sitä parempi on myös sen taloudellinen suorituskyky. Korkealla sigmatasolla pystytään alentamaan ja mittaamaan prosessin laadukustannuksia ja asettamaan sille tuottotavoitteen vaatimaa laadunparannusta. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 95.)

### **2.2.2 SPC-ohjauskortti ja sen valinta**

SPC-ohjauskortit ovat graafisia kortteja, joita käytetään yleisesti systemaattisessa prosessin seurannassa. Ohjauskortin tarkoituksena on visualisoida prosessissa tapahtuvaa vaihtelua ajan suhteen. SPC-ohjauskortti ilmentää prosessissa tapahtuvia ongelmia ja erottelee satunnaisvaihtelun ja erityisyyvaihtelun. Näiden tunnistamiseen tarvitaan tulkintasääntöjä. SPC-korttia käytetään erityisesti käynnissä olevan prosessin kontrolloimiseen, etsimällä siinä olevia ongelmia ja poistamalla niitä. Lisäksi sillä selvitetään prosessin vaihtelua, onko prosessi tilastollisesti stabiili ja tulisiko parannusprosessin toiminnassa poistaa ongelmia vai keskittyä radikaalimpaan prosessin parantamiseen, kuten uuteen laiteinvestointiin tai muutokseen. SPC-ohjauskortin valitsemiseen vaikuttavat kerättävä datatyyppe ja näytekokoko. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 170–171.)

Prosessin ennustettavuuden selvittäminen on erittäin tärkeää, jotta pystytään tekemään päätöksiä ja havaitsemaan merkittävää vaihtelua, mikä jaetaan stabiiliin vaihteluun ja epästabiiliin vaihteluun (Piirainen 2014, 50).

Kuviosta 4 voimme nähdä ohjauskortin eri osat, joita ovat keskiarvo, ylä- ja ohjausrajat, mittauspisteet ja mittauspisteiden numerot. Ohjauskortit antavat ylä- ja alaohjausrajat, joiden laskeminen perustuu  $\pm 3$  sigman rajoihin keskiarvosta. Ohjauskorttien rajat lasketaan eri korttityypeille hieman eri tavalla.

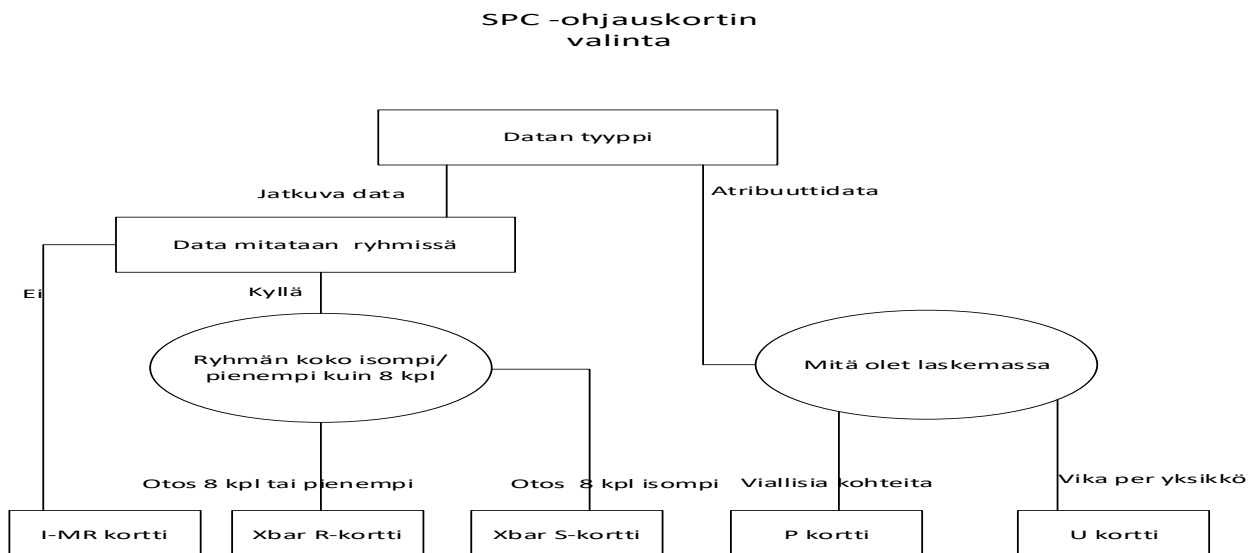


KUVIO 4. Esimerkki ohjauskortista (Centria Sakari Kinnunen 2021.)

Kolmen sigman rajoilla on laajat käyttökohteet. Niiden tarkoituksena saadaan tehokkaasti selville prosessin stabiilisuus ja ne kuvaavat havainnollisesti mahdollisen epästabiilin vaihtelun prosessissa (Piirainen 2014, 58.)

Ohjauskortteja on monentyyppisiä. Kortin valinta aloitetaan valitsemalla sopiva kortti, johon vaikuttaa mitattava datatyyppi, joka voi olla attribuuttidata tai variaabelidata. Data voidaan luokitella attribuutti tai variaabelidataksi. Kuviossa 5 on I-mR -kortti, joka valitaan, kun halutaan mitata jatkuvaa dataa. Kortissa näyttekoko on yksi. Se näyttää yhden mitatun pisteen ja sen vaihteluvälin. Samalla se ilmoittaa myös liukuvan vaihteluvälin. Toisena ja kolmantena kuviossa 5. on X-bar R ja X-bar S kortit, jotka mittaavat jatkuvaa dataa, mutta eroavat mitattavan näyttekoon mukaan. X-bar R kortissa on 2-8 ja X-bar S kortissa on mitattavia kappaleita ryhmässä enemmän kuin 8 kpl (Karjalainen & Karjalainen 2002, 173.)

Voimme kuviossa 5 havaita, että jos käytämme attribuuttidataa, joka ei siis ole jatkuvaa dataa, valitsemme joko p-kortin, jota käytetään ottamaan näytteitä ei yhdenmukaistenyksiköiden määrästä tai u-kortin, jota käytetään ottamaan näytteitä vioista per yksikkö.



KUVIO 5. Ohjauksen valinta (mukaihen Minitab.)

### 2.2.3 Juurisyyanalyysi

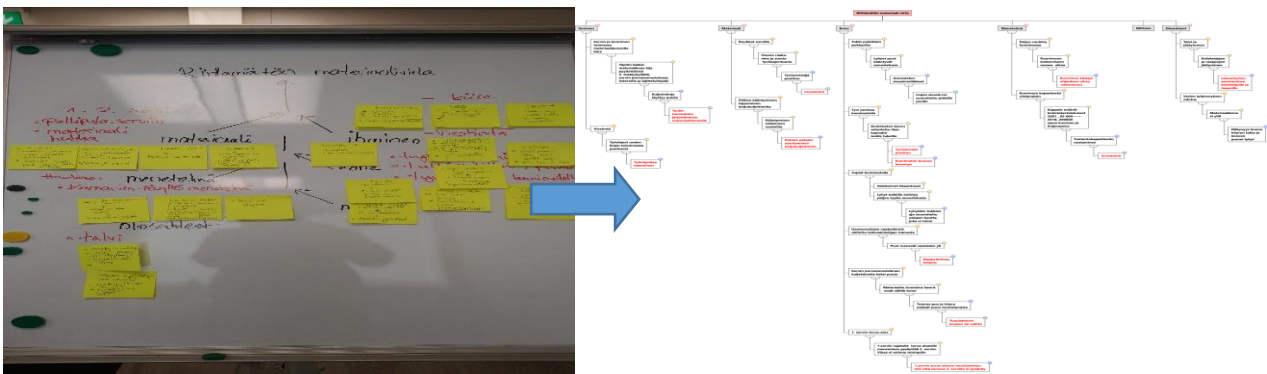
Juurisyyanalyysin tavoitteena on löytää tekijä, jonka korjaaminen tai poistaminen estää ongelman uudelleen esiintymisen. Mikäli löydetään tekijä, joka aiheuttaa ongelman tai virheen on sillä parantava vaikutus prosessin toimintaan. Useimmiten ongelman tekijä aiheuttaa syyseuraus ketjun, jolla on näin ollen suora negatiivinen vaikutus.

Syy- ja seurauskaavio on graafinen työkalu, jonka avulla generoidaan, tunnistetaan ja organisoidaan mahdollisia syitä, jotka vaikuttavat prosessin ulostuloon. Syy- ja seurauskaaviosta käytetään myös nimitystä kalanruotokaavio (Karjalainen & Karjalainen 2020, 256.)

Syy- ja seurauskaaviossa perusongelma tai ongelmanasetus laitetaan kuvan 1 mukaan kalanruotokuvion oikealle puolelle ja kuvion ala- ja yläpuolella on eriteltynä keskeisimmät ongelman aiheuttajat ja syyt.

Yleensä ongelmien syiden pääotsikot muodostuvat kuudesta aihealueen kategoriasta, jotka ovat materiaalit, koneet, ihmiset, menetelmät, ympäristö ja mittaus. Aluksi voidaan ideat kerätä kuvan 1 tavoin post-it lapuille ja ryhmittää ne sen jälkeen oikeisiin sarakkeisiin (Karjalainen & Karjalainen 2020, 256.)

Kuvassa 1 voimme nähdä vasemmanpuoleisessa kuvassa tehdyn opinnäytetyöni ideointivaiheen. Saadut tulokset on karsittu ja koottu oikeanpuoleiseen syy- ja seurauskaavioon. 5 x miksi menetelmään perustuvan juurisyyanalyysin vaiheet alkavat etsimällä syy ongelmalle, kysymällä 5–7 kertaa miksi kyseinen ongelma on olemassa. Seuraava kysymys alkaa edellisen kysymyksen vastauksesta. Tavoitteena on löytää ongelmaan sen perimmäinen aiheuttaja. Se auttaa tunnistamaan asioiden syyseuraussuhteet ja pakottaa menemään oireita syvemmälle. Lisäksi se antaa kuvan ongelmaan vaikuttavista tekijöistä ja mahdollistaa pääsemisen käsiksi konkreettisiin tekijöihin, joihin voidaan vaikuttaa. Oleellisinta on selvittää mitkä prosessit ja järjestelmät liittyvät ongelmaan, koska ongelmalle voi usein olla useita juurisyytä. Lisäksi yksi juurisyy voi vaikuttaa useiden ongelmien ilmenemiseen. Sen tähden on tärkeää, että analysoidaan juurisyyt ja niiden vaikutukset sekä juurisyyiden poistotoimenpiteisiin liittyvät riskit. (Karelia, Jari Uimonen 2022.)



KUVA 1. Juurisyyanalyysi (mukaillen Petri Hentunen)

Aivoriihiöskentelyn tarkoituksena on tuoda kaikki näkökulmat ongelman ratkaisemisesta visuaalisesti nähtäväksi. Aivoriihiöskentelyn ja ideoinnin tavoitteena on aluksi saada mahdollisimman paljon ideoita, koska ideoita on myöhemmin tarkoitus karsia (Karjalainen 2020, 255.)

### 2.3 Prosessin virtauksen ohjaaminen

Kolmas askel kuvion 2 mukaan teoriaosiossa on ohjaa prosessia. Prosessin ohjauksella voidaan edellisten vaiheiden tulosten seurauksena tehdä päätöksiä prosessin virtauksen ohjaamiseksi. Ohjaus tapahtuu aina mittauksen kautta, jolloin varmistetaan prosessin stabiilisuus. kuvion 1 mukaan prosessin ohjauksessa voidaan käyttää esimerkiksi I-mR -ohjauskorttia, jossa on tarkoitus löytää prosessissa olevat erityis- ja satunnaissyöt ja niihin vaikuttavat asiat.

### 2.3.1 Jatka datan keruuta prosessin aikana ja tunnista erityisyyt

Erityisyyvaihtelu, jota esiintyy 2-4 % on ei-ennustettavaa. Tohtori Walter A. Shewhartin mukaan erityisyyvaihtelu on syntynyt lineaarisesta syy-seuraussuhteesta, joka voi olla seurausta ulkopuolisesta asiasta, kuten virheestä, materiaalista poikkeavasta lämpötilasta jne. Satunnaissyy vaihtelua, jota esiintyy 94-98 % on ennustettavaa. Tohtori Walter A. Shewhart on esittänyt teorian, jonka mukaan sen väitetään esiintyvän sykleissä, joille ei ole käsitettä syy, vaan ymmärtää sen johtuvan prosessin systeemistä (Karjalainen & Karjalainen 2020, 152.)

On huomattava, että erityisyyvaihtelu ei välttämättä ole sama asia kuin epästabiilisuus, eli sama asia kuin vika tai virhe, joka esiintyy spesifikaatorajojen ulkopuolella. Jos prosessi on suunniteltu ja mitoitettu oikein ja prosessi on kyvykäs ( $C_{pk}$  yli 1), silloin aina erityisyy on sama kuin virhe tai vika. Jos prosessi on kyvytön, eli sen ( $C_{pk}$  on alle 1), silloin erityisyyt ja satunnaissyyt sekoittuvat toisiinsa. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 162.)

Kun prosessi on saatettu parannuksilla kyvykkäämmäksi, eli sen  $C_p$  on yli 2 ja  $C_{pk}$  yli 1,5 ja prosessi on stabiloitu, voidaan siirtyä ennaltaehkäisyyn eli ennakoivaan ohjaukseen. Tämän voi asettaa tavoitteeksi jokaiselle prosessin ohjaukselle. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 312.)

Modernit tilasto-ohjelmat, kuten Minitab, pystyvät erottamaan erityisyyt datasta ja kertomaan onko systeemi stabiili. Useimmiten epästabiilisuus johtuu jonkun prosessin ulkopuolisen tekijän aiheuttamasta muutoksesta systeemin ulostuloon. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 163.)

### 2.3.2 Ohjauskortti – I-mR

I-mR-ohjauskorttia voidaan käyttää prosessin ohjauksessa, kun näytekoko on yksi. Se on hyvin yleinen ohjauskortti, kun tarkoituksena on kuvata yksittäistä havaintoa ja sen liukuvaa vaihtelua.

Havaintojen perusteella lasketaan kortille ohjausrajat, jotka kuvaavat prosessissa esiintyvää vaihtelua ja virtauksessa tapahtuvaa käyttäytymistä. Saatujen raja-arvojen perusteella voidaan arvioida ovatko prosessista tutkittavan suureen keskiarvo ja vaihteluväli ennustettavia. (Piirainen 2014, 55.)

Näin voidaan päätellä virtauksen käyttäytyminen paremmin tulevaisuudessa ja tutkia niitä pisteitä, jotka ovat ohjauskortin raja-arvojen ulkopuolella. Prosessin luonnollisten rajojen  $\pm 3$  sigman määrittämiseen käytetään kertoimia, joilla määritellään 3 sigman rajat. I-mR -kortin raja-arvot lasketaan seuraavalla kaavalla (Piirainen 2014, 56)

I-kortin ohjausrajat ovat:

- Keskiarvoa kuvaava yläraja  $UCL_i = X + 3 * mR/D_2$

, jossa X on keskiarvo, mR on keskihajonta ja  $D_2$  on käytettävä kerroin.

- Keskiarvoa kuvaava alaraja  $LCL_i = X - 3 * mR/D_2$

, jossa X on keskiarvo, mR on keskihajonta ja  $D_2$  on käytettävä kerroin.

MR-kortin ohjausrajat ovat:

- Vaihtelua kuvaava yläraja  $UCL_{mR} = D_4 * mR$

, jossa  $D_4$  on käytettävä kerroin ja mR on keskihajonta.

- Vaihtelua kuvaava alaraja  $LCL_{mR} = D_3 * mR$

, jossa  $D_3$  on käytettävä kerroin ja mR on keskihajonta.

Kaavioissa käytettävät vakiot ovat:

$$D_2=1,128$$

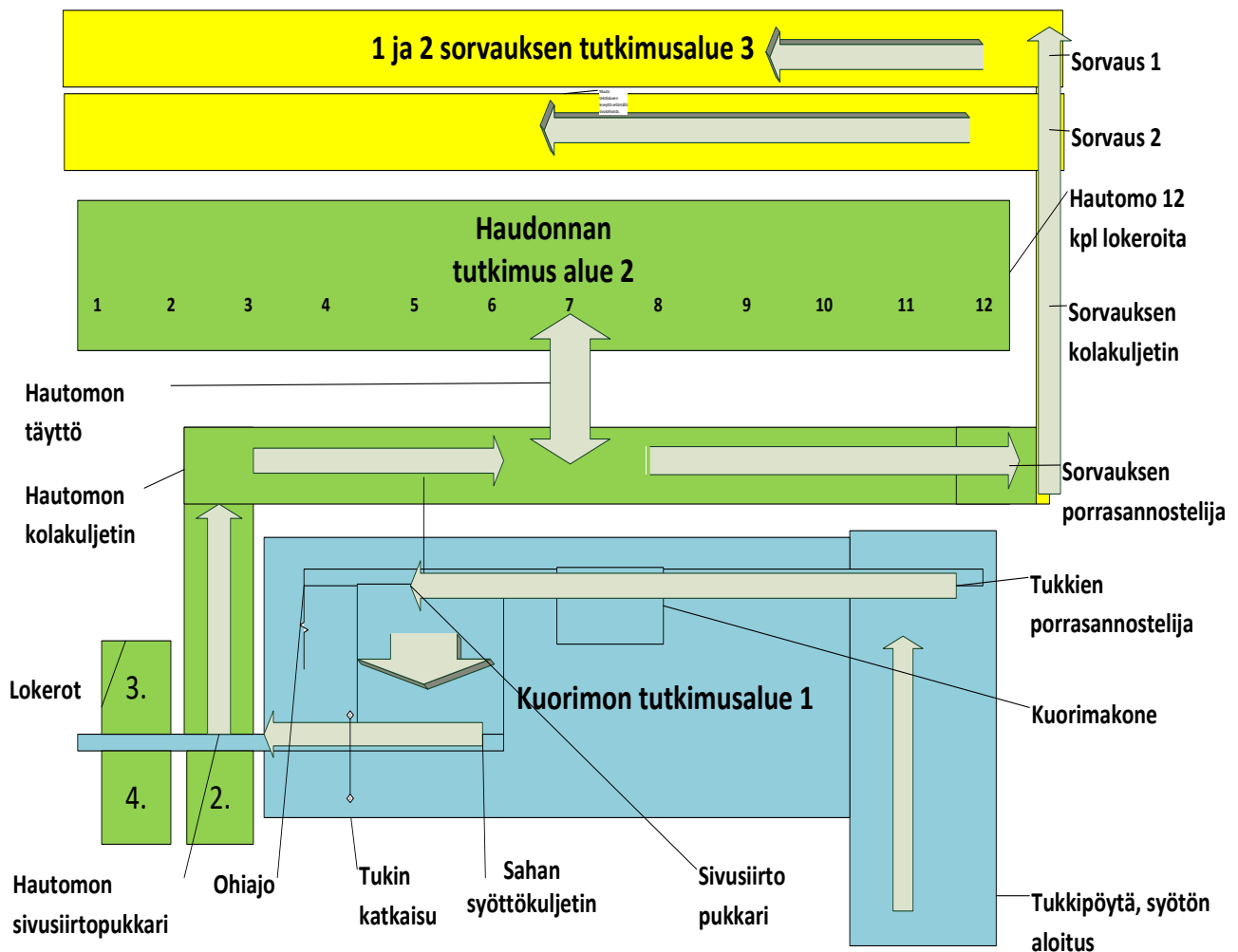
$$D_3=0$$

$$D_4=3,268$$

I -mR ohjauskortin tekeminen on tehty yhtä päivää koskevana datatietona vuodenmittaisella 2021 tarkastelujaksolla. I-mR ohjauskortin alituksille ja ylityksille kohdistuneet syyt on katsottu datan tiedoista, mitä kyseisenä päivänä on tapahtunut kirjastusta häiriölokista. Nämä häiriöt ovat kestoiltaan yli 5 minuuttia, jotka operaattori on kirjannut Gema tiedonkeruujärjestelmään.

### 3 TUTKIMUSALUE

Tutkimuskohteen eri tutkimusalueet ovat erotettavissa erilaisilla väreillä, josta voidaan seurata harmailla nuolikuvoilla tukkien kulkeutumista prosessin eri vaiheissa. Virtaus alkaa kuvion 6 mukaan tukkipöydältä, josta ne syötetään kuorimakoneeseen. Kuoritut tukit kulkeutuvat sivusiirtopukkaajan kautta sahan syöttökuljettimelle ja pitkät tukit katkaistaan keskeltä poikki. Sen jälkeen pöllit kulkeutuvat hautomon sivusiirtopukkaajalle ja kolakuljettimelle. Kuljettimelta ne laitetaan hautonta lokeroihin, joita on 12 kpl. Hautuneet pöllit nostetaan hautomon kolakuljettimelle, josta pöllit siirtyvät sorvauksen porrasannostelijan kautta sorvaukseen. Sorvauksessa pöllit sorvataan viiluarkeiksi, josta ne ohjataan kuivaukseen. Seuraavissa osioissa kerron tarkemmin eri tutkimusalueilla tapahtuvaa tukkien ja pöllien virtausta sen eri vaiheissa.



KUVIO 6. Tehtäväalueen layout

### 3.1 Tutkimusalue 1 kuorimo

Sinisellä värillä näkyvä ensimmäinen tutkimusalue (kuvio 6.), joka alkaa tukkipöydältä, josta tukit menevät kuorintaan, sivusiirto pukkaajan kautta tukin katkaisuun, josta ne virtaavat hautomon kolakuljettimelle ja hautomolinjan pukkaajalle. Kuorimossa on kuorimakoneena Valon Koneen toimittama VK30 kaksiroottorinen kuorimakone, joka on vuosimallia 2001. Valssirullat toimivat hydraulisesti ja syötettävän koneiston toiminta on hydraulinen. Kuukaudessa kuorittava kappalemäärä on n.180 000 tukkia. Kuorinnan muita laitteita ovat kolakuljettimet ja sivusiirtopukkaaja. Kolakuljettimien virtausnopeus on 56 m/min. Lisäksi ennen katkontaa kuuluvassa linjastossa on kaksi annostelevaa sivusiirrintä, jotka siirtävät tukin katkaisuun. Tukit virtaavat kuorinnan jälkeen ja kulkevat sivusiirto työntäjälle, jonka jälkeen ne ohjautuvat katkontaan. Syötettävät tukkipituudet ovat 530 cm ja 265 cm. Kummatkin pituudet ohjautuvat katkaisun vasteeseen, josta ne katkaistaan 262 tavoitepituuteen. Tukille ei suoriteta etupään tasausta, vaan tasaus suoritetaan ainoastaan tukkien loppupäähän. Tukkeja nimitetään prosessissa katkaisun jälkeen pölleiksi. Ne siirtyvät kuljetinta pitkin haudonta linjastolle. Katkaisusahan koneiden valmistaja on Raute Oy ja ne on valmistettu vuonna 2001.



KUVA 2. Kuorimon sahan syöttökuljetin ja sivusiirtopukkaaja

Kuva 2 on otettu kuorimakoneen jälkeiseltä turva-alueelta. Kuvassa nähdään vaiheittain kuorimon katkaisusahan sivusiirtopukkaaja, sivusiirtoannostelijat, katkaisusahalle syöttävä kumimattokuljetin ja katkaisusaha.

Kuorimon rakennuksessa on kaksi kerrosta. Ylimmässä kerroksessa ovat kuorinta, katkaisun koneet ja tukinsiirtolaitteisto. Kuorimon alakerrassa on kuorikuljetin ja kaksi sivuttaista tärykuljetinta. Kuorikuljetin poistaa kuoret, jotka putoavat kuorinnassa kuljettimelle. Sahan katkaisusta syntyvät puru ja katkaisujätteet siirtyvät kuorikuljetinta pitkin murskaan, joka tekee niistä polttohaketta voimalaitokselle. Kuorikuljettimella on metallinilmaisin, joka estää rautakappaleiden kulkeutumisen murskaimeen. Kuorimon ohjaus tapahtuu valvomosta, joka sijaitsee noin 150 metrin päässä kuorimosta. Operaattorin vastuulla on selvittää ja ratkaista kuorimossa olevat tuotannolliset häiriöt. Tehdasalueella työskentelee joka vuorossa sähkö- ja korjausmies, jotka korjaavat vuoron aikana tapahtuvia laitteiden ja koneiden vikaantumisia. Lisäksi tukinsyötössä ja tukkien vastaanotossa on urakoitsija, joka selvittää prosessissa olevia häiriöitä yhdessä operaattorin kanssa. Yhteydenpito eri henkilöiden välillä tapahtuu radioaaltopuhelimien välityksellä. Operaattori syöttää tukkeja kuorimoon ja valvoo sen toimintaa mitta-asemalta käsin. Hänen vastuullaan on myös tukkien laaduttaminen, vastaanottotodistuksien tekeminen ja haudontalinjan prosessien valvominen.

### **3.2 Tutkimusalue 2 haudonta**

Toinen tutkimusalue on haudonta, joka näkyy vihreänä värinä kuviossa 6. Haudonnan tavoiteaika on 12 tuntia, jolloin pöllit sulavat haudonnassa, jonka veden lämpötila on n. +50 C°. Haudonnan tarkoituksena on tehdä pölleistä pehmeämpiä, jolloin niiden sorvaus on helpompaa. Haudonnan onnistuminen korostuu erityisesti talvella, jolloin pöllit jäätyvät ja kylmenevät ulkona pakkasessa. Haudonnan materiaalikoneena on Terex Fuchs, joka on malliltaan MHL 365.

Haudontaan virtaavat pöllit liikkuvat kolakuljettimella, mikä siirtää ne materiaalikoneen luo, joka siirtää ne tyhjään haudonta lokeroon. Samanaikaisesti tapahtuvassa syötössä haudonnasta tyhjennetään pöllejä myös sorvaukseen, mikä tekee prosessin ohjauksesta ns. first-in, last-out, mikä tarkoittaa, että haudonnan täyttö ja tyhjennys etenevät virtauksessa samanaikaisesti (kuva 3).



KUVA 3. Hautomon täyttö

Kuvassa 3 on kolme hautomon lokeron luukkuja ylhäällä, eli kaksi lokeroista on tyhjennyksessä ja yksi täytössä. Pöllit ovat ajautuneet vasteelle, josta materiaalikone suorittaa täyttöä. Hautomon kolakuljettimella on 6 kappaletta pöllivasteita, jotka erottavat hautuneet ja haudontaan tulevat pöllit. Kuvassa 4 voidaan nähdä erotusvaste nostettuna ylös. Operaattori avaa ja sulkee haudonnan vasteita ja haudonnan luukkuja sen mukaan kuin hautomon lokero täyttyy pölleistä. Täyttö alkaa sorvauksen puoleisesta hautomolokerosta 12 ja siirtyy aina vaiheittain 1 lokeroon, jonka jälkeen palataan taas lokeroon 12. Hautomon täyttöä ja tyhjennystä tehdään keskeytymättömässä kolmivuorossa

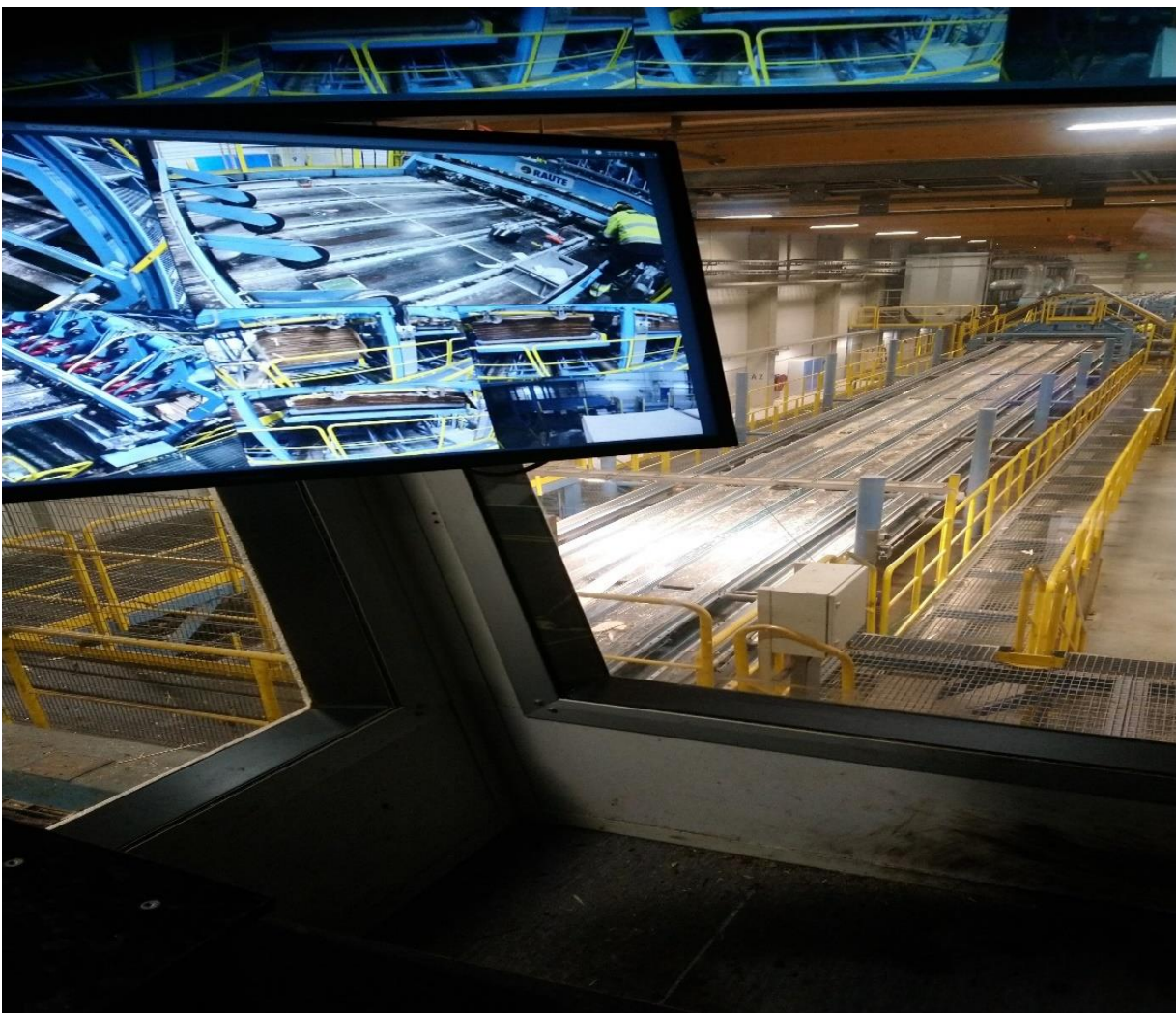


KUVA 4. Hautomon vasteet

Hautomon kamareita on käytössä 12 kpl ja hautomon kuljetinta tyhjenetään ja täytetään samanaikaisesti. Kuljettimen ja hautomon välissä työskentelee materiaalikone, joka samanaikaisesti täyttää hautomoa ja tyhjentää hautuneita pöllejä kuljettimelle, josta ne virtaavat porrasannostelijan kautta sorvaukseen. Koska täyttö tapahtuu samanaikaisesti syötön kanssa, on kuorimon kyvykkyydellä ja häiriöiden määrällä iso merkitys täytön onnistumisessa. Jos hautomon kuljettimen virtaukseen tulee pysähdys, voidaan kuorimon syöttöä jatkaa ajamalla pöllit lokeroihin, mikä on nähtävissä kuviossa 6. Silloin materiaalikone hakee hautomon täyttöön kuoritut pöllit lokerosta tai pöllien maavarastosta. Mutta jos kuorimon syöttöön tulee pysähdys ja varastoissa ei ole kuorittuja pöllejä, niin hautomon täyttöön tulee samanpituisen pysähdys materiaalin puutteen vuoksi. Sorvausta voidaan jatkaa avatun tyhjennyksessä olevan hautuneen lokeron verran, mutta sorvauskin joudutaan keskeyttämään, kun pöllit loppuvat linjalta.

### 3.3 Tutkimusalue 3 sorvaus

Kolmas tutkimusalue on sorvaus, joka näkyy kuviossa 6 keltaisella värillä. Tutkimusalue alkaa syöttävältä kolakuljettimelta, johon materiaalikone on nostanut hautomolokerossa hautuneita pöllejä, jotka virtaavat sorvaukseen kolakuljetinta pitkin. Kolakuljettimen lopussa on sivusiirtopukkaajat, jotka siirtävät virtaavat pöllit 1 ja 2 sorville. Ennen sorvausta pöllit keskitetään, jotta saadaan pöllin optimaalinen saanto ennen sen sorvausta. Kuorimo, haudonta ja sorvi 2 työskentelevät kolmessa vuorossa ja 1 sorvi työskentelee aamu- ja iltavuorossa. Sorvauksessa tehdään pöllistä viilua, joka on 3 mm paksu ja 2600 mm pitkä. Pöllin sorvauksessa viilumatto leikataan viiluarkeiksi, jotka ovat leveydeltään 1900 mm ja 2600 mm. Sorvauksessa tehdyt viilut siirtyvät kuivaukseen. Viiluarkit lajitellaan painon mukaan sydän- ja pintaviiluiksi, jotka lajitellaan omaan laatuluokkaan viilun laadun mukaan. Sorvauksessa viilunsiirto tapahtuu hihnakuuljetinta pitkin, josta märkäviilumatto etenee leikkaukseen (kuva 5).



KUVA 5. Sorvaus

## 4 TUTKIMUSASETELMA

Ensimmäiseksi määrittelen tutkimusongelman, joka on tukkien- ja pöllienvirtaukseen liittyvät ongelmat, jotka johtuvat isosta häiriöiden määrästä prosessissa. Tavoitteena on löytää virtauksessa esiintyviä erityis- ja satunnaissyitä. Tarkastelen ongelmaa kvantitatiivisten ja kvalitatiivisten tutkimusmenetelmien avulla. Kvantitatiivinen tutkimus selvittää tutkittavan virtauksen kappalemääriä sekä linjalla olevia häiriötilanteita ja niiden syitä. Kvalitatiivisen juurisyyanalyysin avulla pyrin löytämään 5 kertaa miksi kysymysten avulla ongelmien syntymiseen vaikuttavia tekijöitä niiden tunnistamiseksi. Näiden avulla kerään tietoa ja ymmärrystä mitä prosessissa tapahtuu, josta teen päätelmiä, muuttaa prosessia.

### 4.1 Tutkittavat prosessin vaiheet

Tarkastelen tutkimuskohteita kolmessa eriryhmässä, jotka jakaantuvat työpisteillä olevien operaattoreiden kesken:

- 1. Tukinsyöttö, kuorinta ja katkonta.
- 2. Hautomon pukkaaja, kaarikuljetin, haudonta ja sorville syöttävä porrasannostelija.
- 3. Sorvaus.

Kerään tutkimusaineistoa eli dataa yhden vuoden 2021 yhtämittäiselta jaksolta kuorimon, haudonnan ja sorvauksen tiedoista. Nämä tiedot ovat kappalemääriä ja prosessia koskevia häiriöiden määriä ja niiden kestoajoja.

### 4.2 Nykytilan selvitys

Tutkin tutkimusaineistoa Minitab-ohjelmistolla, jonka avulla analysoin tutkittavaa dataa ja teen datasta kullekin tutkimusvaiheelle tutkimusraportin vuoden 2021 nykytilasta. Tavoitteena on saada selville, miten stabiili virtaus on eri tarkasteltavissa tutkimusalueissa. Prosessivaiheista tehdään seuraavat analyysit:

- Graphical Summary vuoden 2021 kuorinnan ja 1 ja 2 sorvauksen kappaleista ja käyntiasteista.
- Pareto-analyysi tutkimusalueittain vuoden 2021 häiriöistä.
- Kyvykkyysanalyysi vuoden 2021 kuorinnan ja sorvauksen kappaleista ja käyntiasteista.

### 4.3 Analysointi

Teen 1. ja 3. tutkimusalueille I-mR ohjauskortit virtauksen kappaleista ja käyntiasteista, jonka avulla pyrin tunnistamaan ja poistamaan prosessin erityisyyillä olevia poikkeamia prosessin virtauksessa. Analysoin Geman tiedonkeruujärjestelmän datatiedoista mitä on tapahtunut datapisteen aikana, mistä on johtunut kolmen sigman alitus tai ylitys. Tavoitteena on saada selvitettyä prosessissa esiintyvää vaihtelua ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tämän lisäksi analysoin virtausta Pareto-analyysin tuloksien avulla ja käytän analysoimisen apuna juurisyyanalyysia.

### 4.4 Päätelmien tekeminen

Lopuksi teen ehdotelman prosessin ja virtauksen parantamiseksi. Ehdotusteni perusteena on tiedonkeruujärjestelmästä kerätty data, joka on kerätty vuodelta 2021, jota on tutkittu tilastollisella prosessinohjaus menetelmällä. Perusteluina ovat tunnistamisessa Pareto-analyysi ja sen merkittävimmistä syistä saadut tulokset juurisyyanalyysin avulla. Tämän lisäksi perustelen päätelmiäni tukkien ja pölliön virtauksesta tehdyillä ohjauskorteilla, joissa on selvitetty datapisteiden 3 sigman alitukseen ja ylityksiin löydettyistä erityisyyistä. Käytän perusteluina myös prosessin kappalemääristä ja käyntiasteista saatuja tuloksia.

Tutkimus etenee vaiheittain, joka perustuu teoreettiseen tilastolliseen tutkimukseen, joka se on nähtävissä sivulla 10, kuviossa 2. Tarkasteltavat jaksot ovat sen (kuviota 2.) mukaan: kaikki työ on prosessia, prosessit vaihtelevat, analysoi prosessin vaihtelua, kerää tietoa prosessista, poista erityisyyvaihtelu tai pienennä satunnaissyyvaihtelua ja ohjaa tai muuta prosessia.

## 5 PROSESSIN ANALYYSIT

### 5.1.1 Tutkittava datatieto

Tutkimusaineisto perustuu kerättyyn dataan. Tämä data on kerätty vuoden 2021 aikana. Tutkittavan data saadaan operaattoreiden suorittamista häiriöiden kirjaamisista, jotka kohdentuvat vikoihin, jotka esiintyvät prosessilinjalla. Kun prosessissa on häiriötilanne, joka kestää yli viisi minuuttia, tehdasmittauksen ja sorvauksen operaattori joutuu kuittaamaan häiriön pois kyseisellä syillä, mikä pysäyttää prosessilinjaa. Näin prosessin eri kohteilta saadaan analysoitava data, joka kerääntyy ja tilastoituu tiedonkeruujärjestelmään. Tiedonkeruujärjestelmä on nimeltään Gema, ja siitä pystytään hakemaan tutkimustani koskevat tiedot. Saaduista tuloksista tehdään analyyskejä, jotka koskevat tutkimusongelmaa. Saadun datan luotettavuus perustuu ainoastaan saaduille tiedoille, joita toiminnan ohjausjärjestelmästä voidaan saada. Tiedonkeruujärjestelmään en pysty itse lisäämään tai poistamaan prosessia koskevaa tietoa. Vuoden 2021 kerätystä datan tuloksista on poistettu sorvauksesta ja kuorinnassa olevat huoltopäivät, kesälomaisokit ja tuotannolliset katkokset, jolloin ei ole ollut prosessissa olevaa tuotannollista toimintaa. Operaattoreiden vastuulla on kohdentaa kirjatut häiriöt oikeisiin kohteisiin oikeilla syillä. Tämän datan kerääminen perustuu luottamukseen ja työskentelyohjeiden noudattamiseen ja niiden huolelliseen kirjaamiseen. Kerätty Geman data kappalemääristä ja häiriöiden syistä on saatu kuorimon ja sorvauksen tietokannoista. Haudonnasta on kerätty datatietoja 1-12 lokeroiden haudonta-ajoista. Data on kerätty satunnaisesti niin, että jokaisesta lokerosta on otettu 20 haudonta-aikaa 1.9.2021 – 31.11.2021. Lisäksi haudonnassa ei ole suoraan kohdistuvia häiriösyiden kuittauksia. Kohteen häiriöt on kuitattu sorvauksessa olevina vikoina, joiden alkusyynä on pöllipula ja sen alaotsikkona syy, mistä pöllipula on johtunut haudontaan kohdistuvana häiriötilanteena. Olen kerännyt nämä haudontaa koskevat häiriöt 2. sorvauksen Geman häiriöistä.

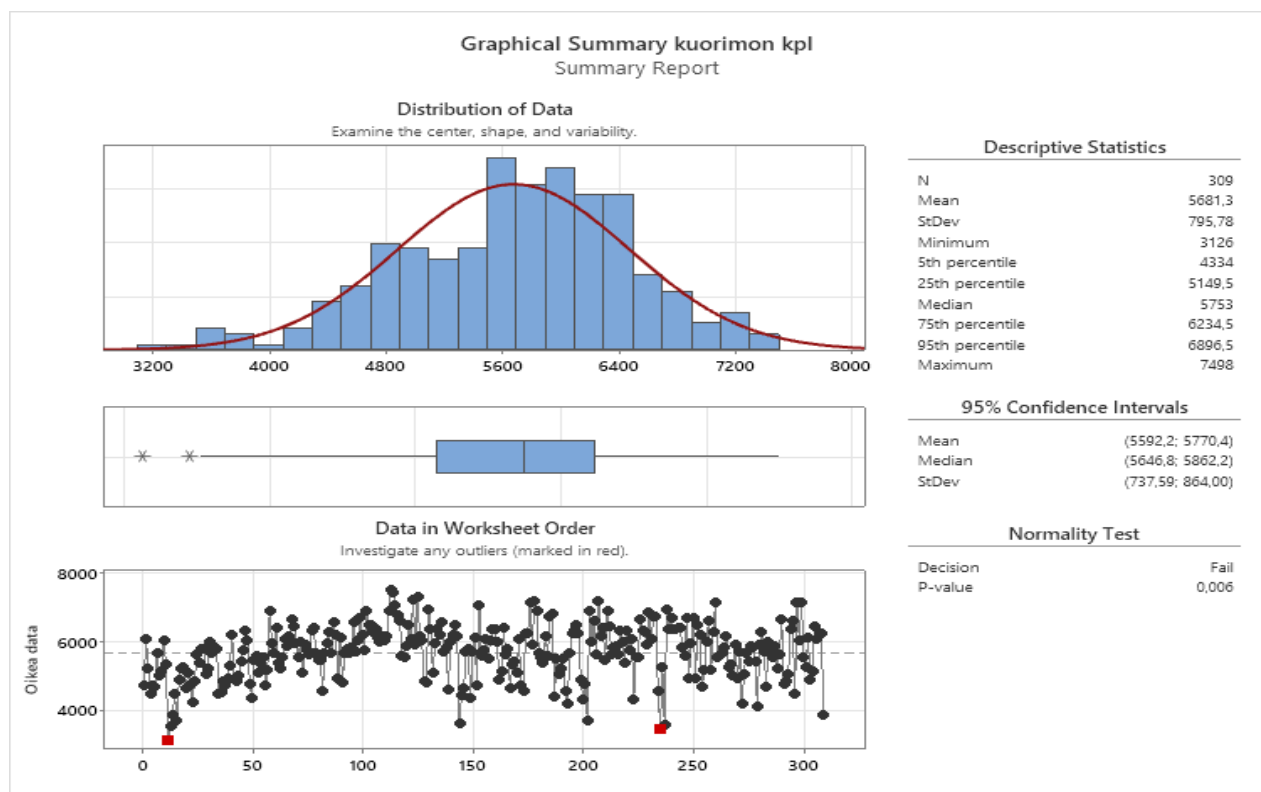
Datan kerääminen, on tehty tutkimusalueella, joka koskee virtauksessa olevaa yhdenpäivän virtausta. I-mR ohjauskortin tekeminen, on tehty yhtä päivää koskevana datatietona, vuoden mittaisella 2021 tarkastelujaksolla. I-mR ohjauskortin alituksille ja ylityksille kohdistuneet syyt on katsottu datan tiedoista, mitä kyseisenä päivänä on tapahtunut kirjatusta häiriölokista. Nämä häiriöt ovat kestoltaan yli 5 minuuttia, jotka operaattori on kirjannut Gema tiedonkeruujärjestelmään.

## 5.2 Tarkastelualue 1 kuorimo

Tutkimusalue 1 koskee kuorimoa. Analysointi alkaa alussa nykytilanteen Graphical Summary raportilla. Sitten tutkitaan kuorimon kyvykkyyttä selviytyä 6 200 kpl:n vuorokausitavoitteesta. Tämän jälkeen on vuorossa Pareto-analyysi ja viimeisessä osassa tutkimustuloksissa on I-mR ohjauskortti sen kuorituista kappaleista ja prosessin käyntiasteesta.

### 5.2.1 Graphical Summary kpl

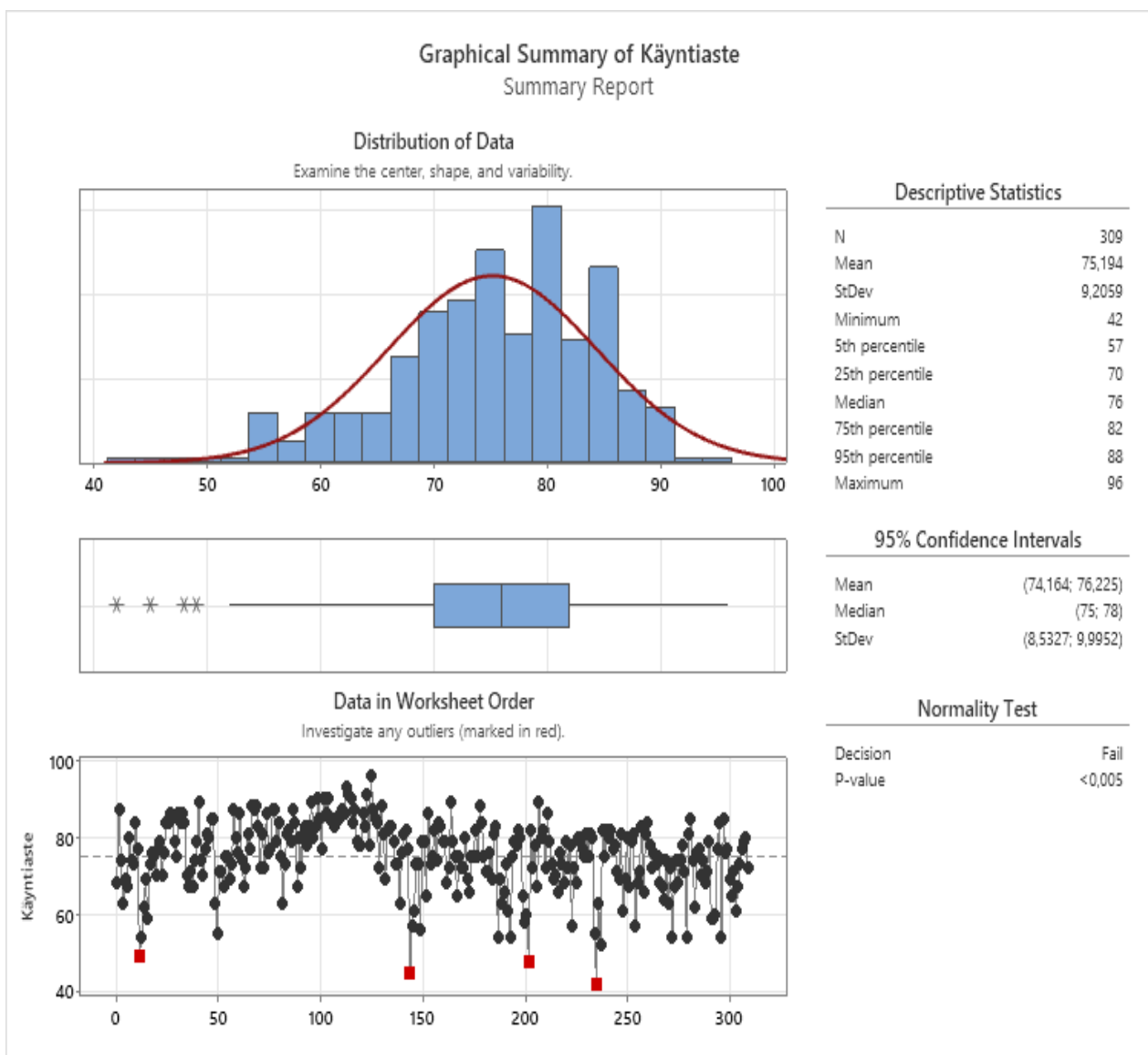
Kuorimoon syötettyjen kappaleiden tutkimustuloksessa kuviossa 7 havaitsemme, että datan tulokset eivät läpäise normaalitestiä P-arvon ollessa 0,006. Syötettyjen kappaleiden keskiarvo on 5681 kpl/vrk ja syötössä oleva keskihajonta on 795. Histogrammin havaintoarvot ovat suuntautuneet hieman vasemmalle, mikä viittaa ei normaaliin jakaumaan. Normaalisuustestin p-arvo osoittaa myös, että data ei noudata normaalijakaumaa. Kuvion 7 mukaan, prosessissa on havaittavissa vaihtelua, mikä ilmenee kahdessa mitta-arvossa, jotka ovat alle ohjauskortin alaraja-arvon. Tutkimustulosten perusteella pyydetään tutkimaan kaaviota, mitkä tekijät aiheuttavat poikkeavia ongelmia prosessissa.



KUVIO 7. Graphical Summary kuorimon kpl

## 5.2.2 Graphical Summary käyntiaste

Data-arvoja on yhteensä 309 kpl, joiden keskiarvo on 75,19% ja keskihajonta 9,20%, jotka näkyvät kuviossa 8. Datasta saatujen mittatulosten perusteella kuorimon käyntiaste ei läpäise normaalitestistä, koska P-value arvo on 0,005, mikä jää alle 0,05 rajan (kuvio 8). Graphical Summary on määrittänyt mitatuille data-arvoille alarajan, jonka 4 datapistettä alittaa. Kuorimon käyntiasteen kuvaaja on muodoltaan vasemmalle kallistunut. Tämän lisäksi datasta saatujen arvojen ja tulosten perusteella sen analysointiin kannattaa käyttää SPC-korttia, jotta erityisongelmia voidaan paremmin tutkia ja datapisteille voidaan löytää syy.



KUVIO 8. Graphical Summary kuorimon käyntiaste

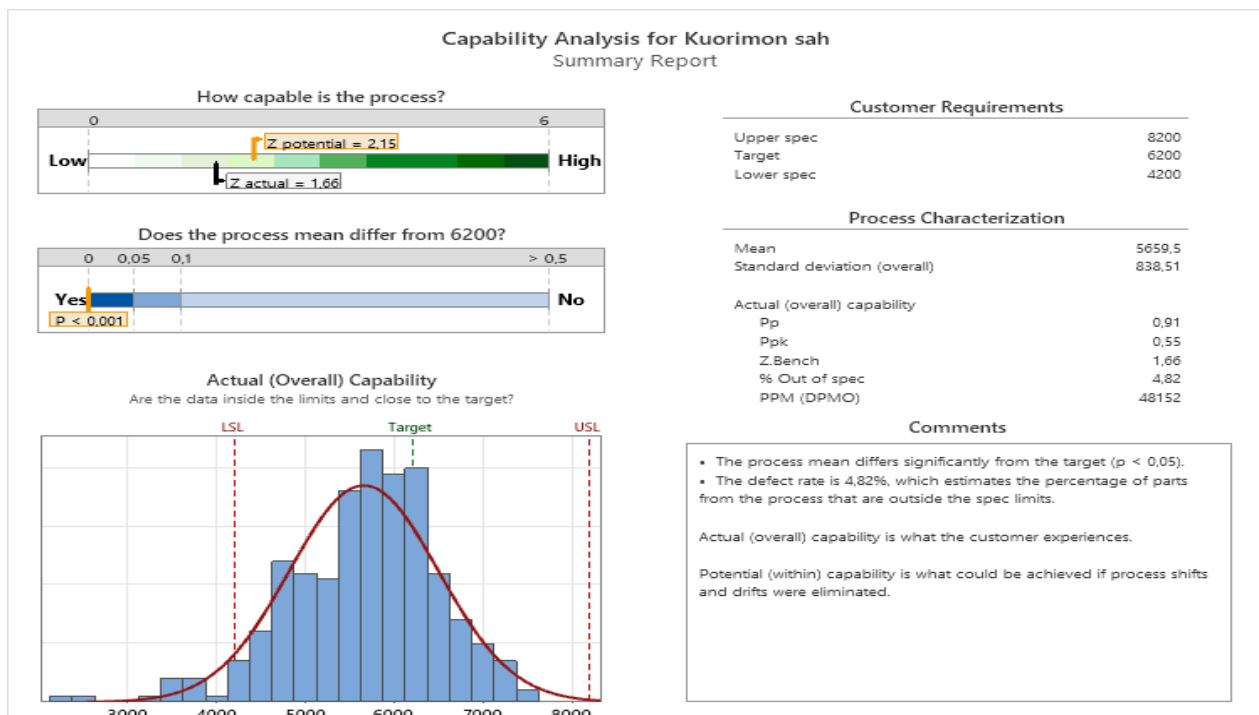
### 5.2.3 Kyvykkyysanalyysi

Kyvykkyysanalyysin laskemisessa käytetyt toleranssirajat ovat laskettu yhden vuoron syöttöä  $\pm 2000$  kpl koskevalla määrällä. Asetetut raja-arvot ovat prosessin kannalta kohtuullisia ja tavoiteltavia arvoja. Kyvykkyysanalyysin tavoitteeksi on laitettu 6200 kpl/vrk.

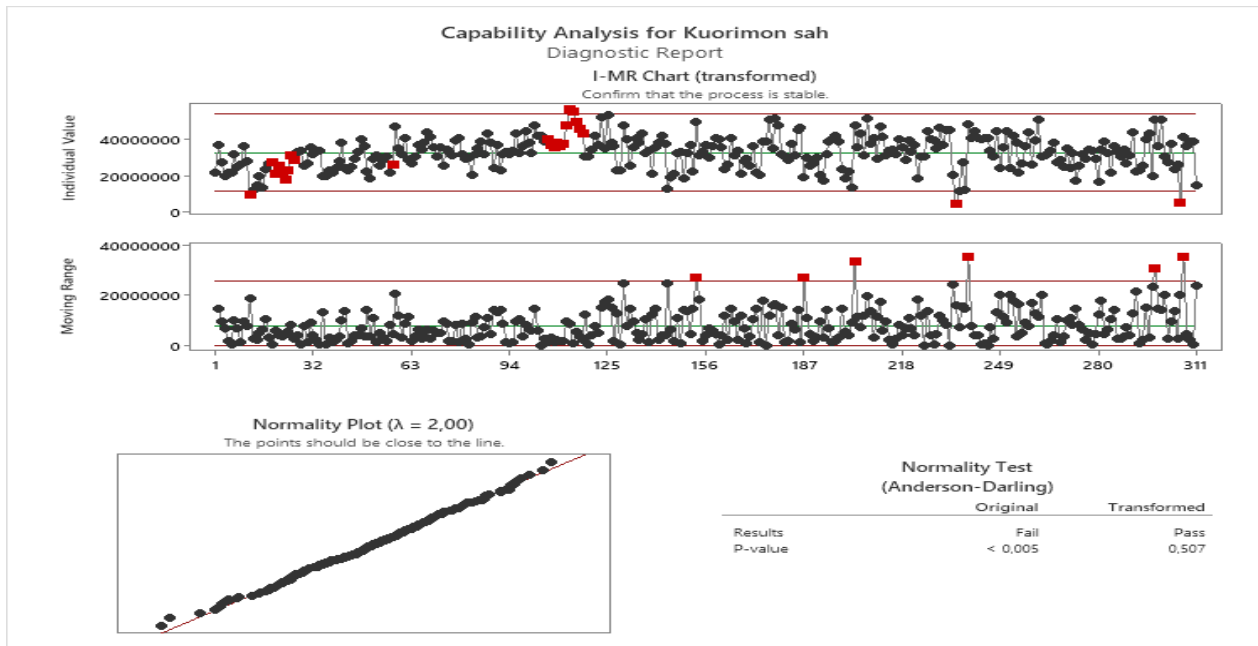
#### Suorituskykyanalyysi

LCL	= 4200
UCL	= 8200
Tavoite	= <b>6200</b>

Kuorimon tuotantotavoitteena on saavuttaa 6200 kpl/vrk, jota se kuvion 9 tutkimustulosten perusteella ei pysty täyttämään. Prosessin keskiarvo poikkeaa merkittävästi tavoitteesta. Vikaprosentti on 4,82 %, mikä tarkoittaa osan niiden prosessin arvoista olevan raja-arvojen ulkopuolella. Kuvion 11 mukaan, kuorimon kyvykkyydellä on sisäisesti potentiaalia ja kyky saavuttaa tarvittava kyvykkyys, mikäli prosessin erityiset ongelmat pystytään poistamaan. Analyysin tekemisen edellytyksenä on prosessin vakaus. Koska prosessi ei ole vakaa, on kuvion 10 mukaan, selvitettävä ja ratkaistava prosessissa oleva vaihtelu ohjaukorktien avulla. Analyysin mukaan prosessi ei läpäise normaaliuustestiä, mutta läpäisee jos prosessia pystytään muuttamaan.

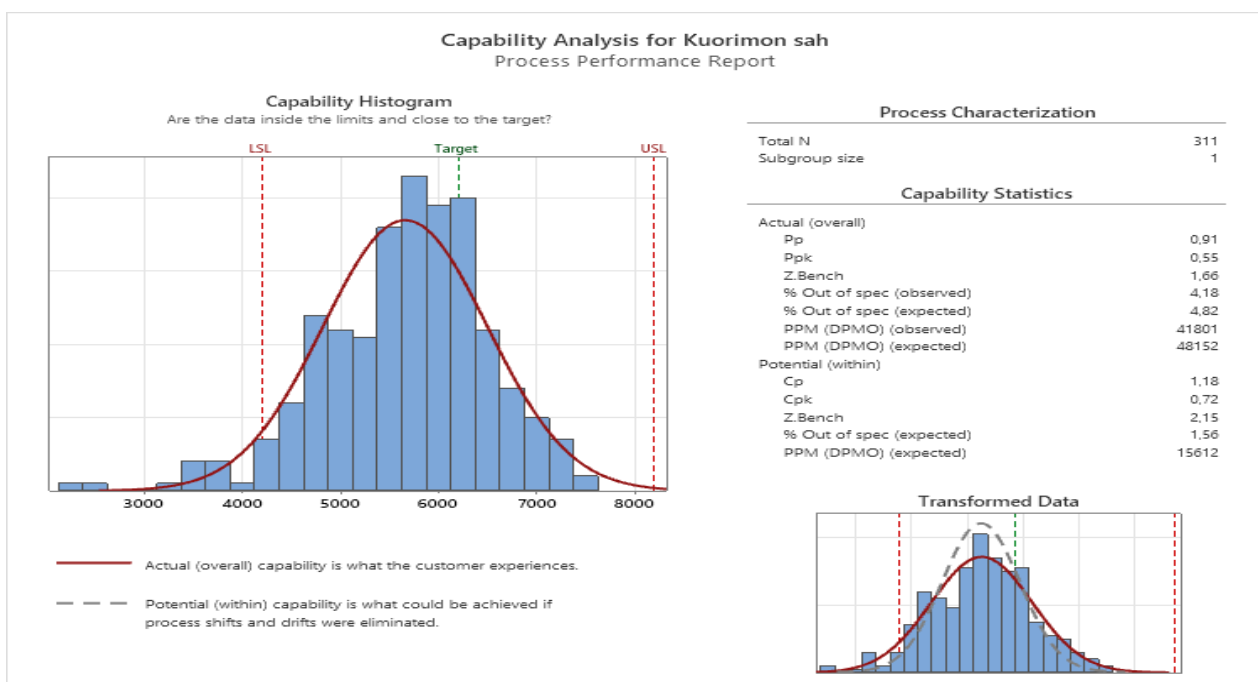


KUVIO 9. Kuorimon kyvykkyysanalyysi



KUVIO 10. Kuorimon kyvykkyysanalyysi

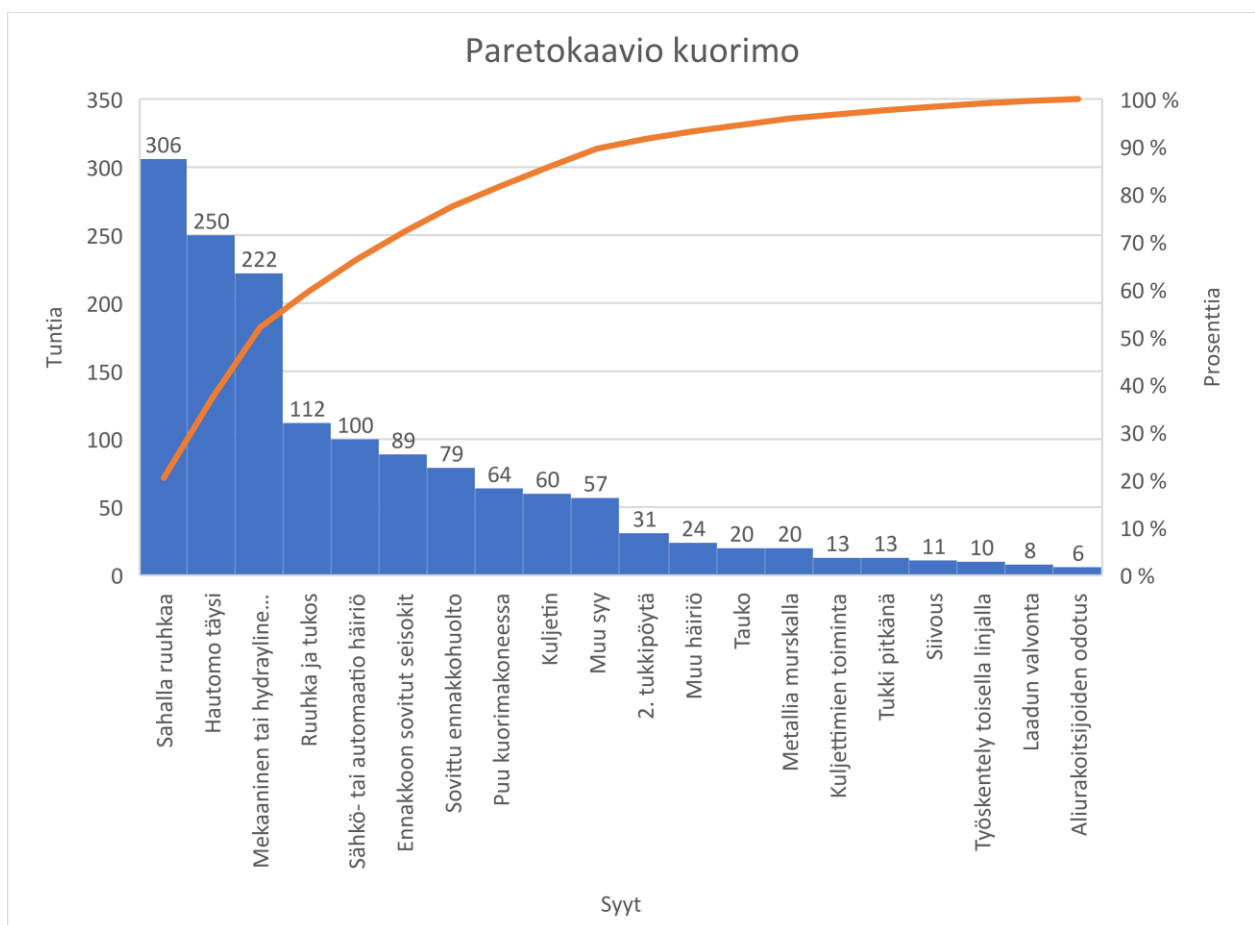
Kuvion 11 mukaan, pitkän ajan kyvykkyys  $C_{pk}$  tavoite on nousta 0,72.ään. Vaihtelua on tarkoitus kuvion 11 mukaan, tutkia ohjauskortilla ja etsiä ulkopuolelle jääville datapisteille erityisyyt ja löytää ratkaisut niiden poistamiseksi. Jos prosessin hajontaa pystytään parantamaan, niin prosessi läpäisee normaalites- tin tuloksella 0,507, kuvion 10 mukaan.



KUVIO 11. Kuorimon kyvykkyysanalyysi

## 5.2.4 Pareto-analyysi

Pareto- analyysi tehtiin kuorimossa esiintyneistä häiriöistä 2021 aikana. Tiedot saatiin Gema tiedonkeruuhelmasta, johon ne olivat tallentuneet ensimmäisen merkittävän syynä olevina häiriöinä. Kuorimon Pareto-analyysi tuloksissa on merkittävimpinä häiriöinä prosessissa sahalla ruuhka, hautomo ja kuljetin täynnä ja mekaaninen/hydraulinen häiriö. Näiden tutkimisella ja syiden selvittämisellä on suurin vaikutus prosessiin. Näistä kohteista aiheutuu suurimpia kustannuksia prosessissa. Nämä tulokset on otettu vuoden 2021 häiriöistä ensimmäisen syyn mukaan.



KUVIO 12. Pareto-analyysi kuorimo

Taulukosta 1 näemme kuorimossa olevien häiriöiden kappale- ja tuntimäärät vuoden 2021 tarkastelujaksolla. Nämä häiriöt on otettu Geman toiminnan ohjauksesta, jossa ne on eritelty ensimmäisen syyotsikon mukaan. Pareto-analyysin mukaan kuorinnassa suurin syy on kuvion 12 mukaan sahalla ruuhka, joka jakautuu tukki jumissa kumimatolla, mikä on nähtävissä kuvassa 6.



KUVA 6. Tukki jumissa kumimatolla

Sahalla ruuhkan seuraava syy on ”tukki poikittain annostelussa”, mikä tarkoittaa pikkaria, joka on kuorimakoneen jälkeen ja kahta sivusiirto annostelijaa katkaisusahauksessa. Kuva 7 havainnollistaa tilannetta.



KUVA 7. Tukki poikittain annostelussa

Kolmantena syynä ”ruuhka sahalla”- häiriölle on kaksi tukkia kumimaton annostelussa samanaikaisesti. Operaattori joutuu erottelemaan tukit toisistaan siltanosturilla, mikä voidaan nähdä kuvasta 8. Tukit voivat edetä myös sahalle ja katkaisuun, mikäli sahausautomaatti on päällä. Seurauksena voi olla ruuhka.



KUVA 8. kaksi tukkia sahan annostelussa

Toiseksi merkittävin syy kuorimossa on hautomo täynnä. Kolmantena on mekaaninen hydraulinen häiriö ja neljäntenä syynä on ruuhka ja tukos.

TAULUKKO 1. Kuorimon häiriöt

1.1.2021 klo 06.00 - 31.12.2021, klo 06.00

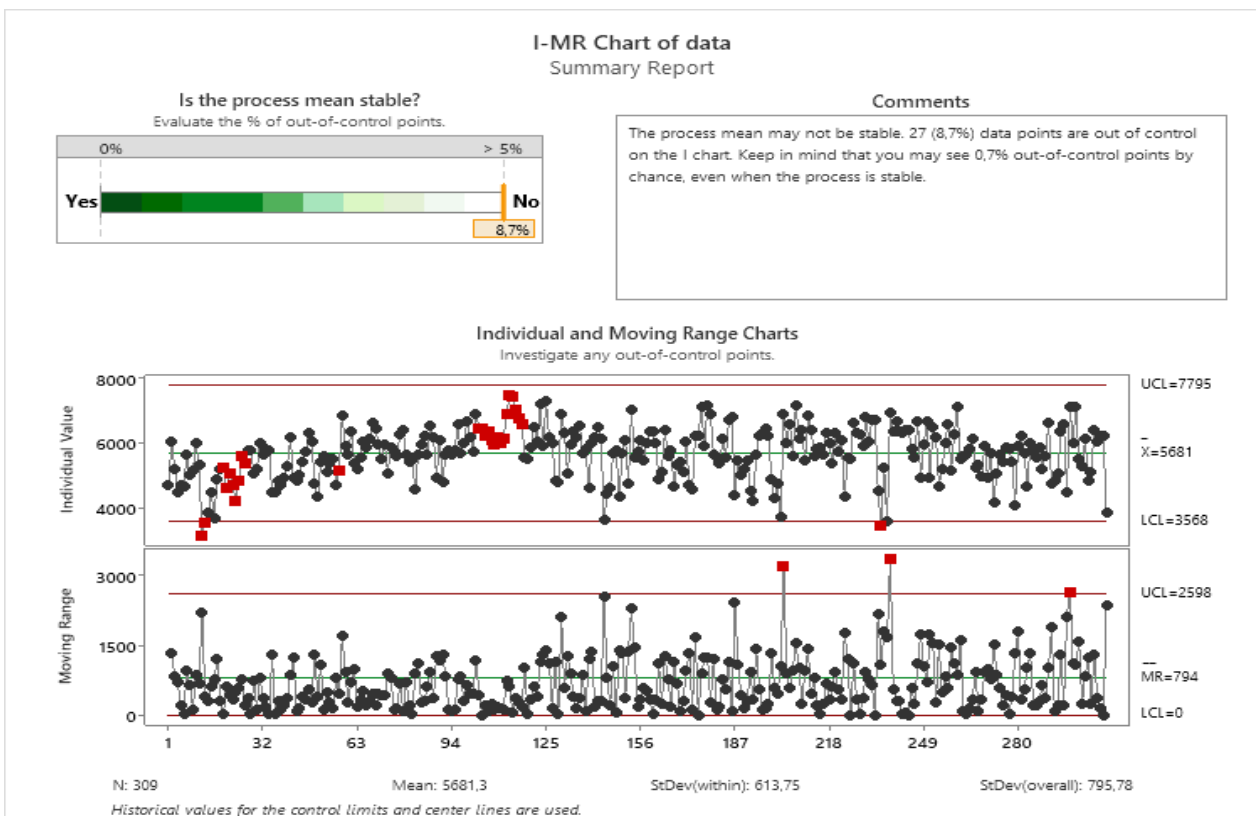
Tukin katkaisun ajotila häiriöt

Syy	kpl	tuntia	min	yht. min
Sahalla ruuhkaa	1907	306	1	18361
Hautomo täysi	560	250	5	15005
Mekaaninen tai hydraulinen häiriö	290	222	15	13335
Ruuhka ja tukos	608	112	25	6745
Sähkö- tai automaatio häiriö	250	100	33	6033
Ennakkoon sovitut seisokit	31	89	6	5346
Sovittu ennakkohuolto	45	79	1	4741
Puu kuorimakoneessa	88	64	18	3858
Kuljetin	190	60	26	3626
Muu syy	236	57	47	3467
2. tukkipöytä	138	31	4	1864
Muu häiriö	64	24	6	1446
Tauko	81	20	48	1248
Metallia murskalla	137	20	36	1236
Kuljettimien toiminta	41	13	41	821
Tukki pitkänä	74	13	39	819
Siivous	32	11	31	691
Työskentely toisella linjalla	41	10	16	616
Laadun valvonta	49	8	5	485
Aliurakoitsijoiden odotus	31	6	44	404

Taulukossa 1 on kuorimon Pareto-analyysi. Siinä näkyy kolme suurinta syytä häiriöihin, jotka ovat sahalla ruuhka, hautomo täysi ja mekaaninen tai hydraulinen häiriö. tämän lisäksi muita häiriöitä ovat ruuhka ja tukos, sähkö- tai automaatio häiriö, ennakkoon sovitut seisokit ja sovittu ennakkohoolto. Näillä syillä on Pareto-analyysin perusteella 80 %:n osuus häiriöistä, joten näiden syiden selvittämiseksi on tärkeää tehdä tarkempi juurisyyanalyysi. Prosessin kehittämisen kannalta on tärkeää saada selville mikä aiheuttaa kuorimossa sahalla ruuhka olevia häiriöitä. Sahalla ruuhka häiriötä, esiintyi taulukon 1 mukaan, 1907 kertaa vuoden 2021 tarkastelujakson aikana.

### 5.2.5 I-mR -kortti kpl

Ohjauksortiksi koko vuoden 2021 tarkastelujaksolle valittu I-mR -kortti, jonka datatiedot on laskettu kuorimon syötetyistä kappaleista vuorokaudessa. Kuvion 13 mukaan prosessi on epävakaata, koska 27 datapistettä eivät ole hallinnassa, mikä on 8,7 % kaikista mitatuista arvoista. Prosessin I-kortissa havaitaan alituksia, jotka ovat alle LCL rajan datapisteinä 12, 13 ja 235. Kuvion 14 mukaan vaikka prosessi toimisi vakaasti, olisi siinä tulosten perusteella todennäköistä, että 0,7 % saaduista arvoista ei täytä ohjauksortin asettamia raja-arvoja.



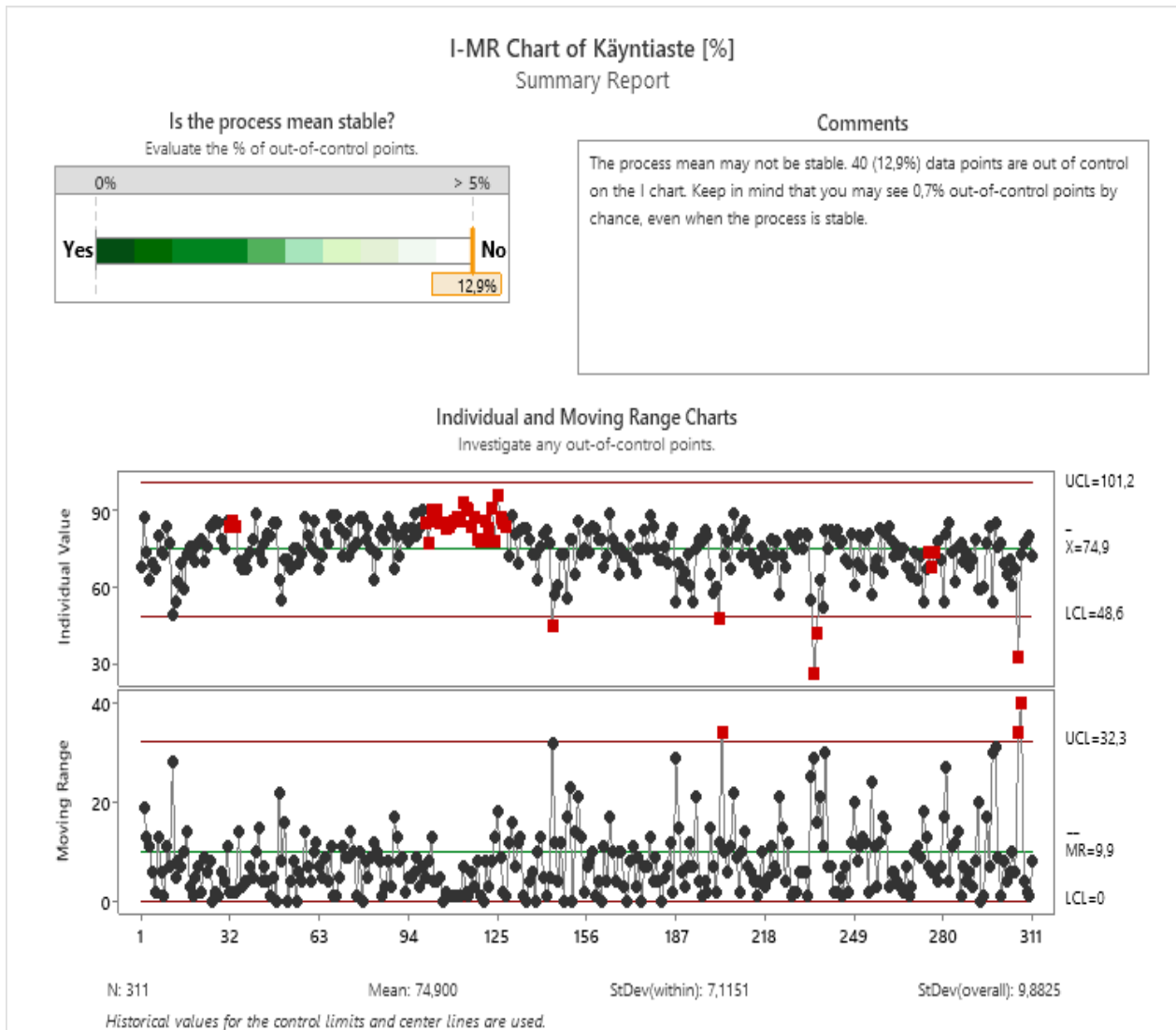
KUVIO 13. Kuorimon I-mR -kortti kpl

Tulosten perusteella pyydetään etsimään syitä prosessissa olevalle ohjausrajojen ulkopuolelle jääville erityisyyille. Kuvion 13 mukaan, prosessissa on tyypillisesti eniten yleisiä syitä ja myös tasainen keskiarvo ja vaihteluväli. Kuvion 13 mukaan, prosessissa punaisella näkyvät datapisteet 19–26 ja 103–117 ovat vaihtelultaan erilaisia verrattuna muuhun prosessissa esiintyvään vaihteluun nähden. Näille pisteille voidaan todeta datan suoritusarvojen johtuvan prosessissa ilmenevästä yleisestä vaihtelusta, mikä tyypillisesti johtuu eri vuoroista, kysynnän suhdanteesta tai muusta toiminnan eri syystä, joka lisää vaihtelua. Kuvion 13 mukaan nämä on tulkittava siirtymiksi, jotka johtuvat vuorojen vaihdosta tai muusta erityisestä syystä. Kuvion 13 mukaan prosessissa on kolme datapistettä, jotka ovat mR -kortissa yli UCL rajan. Datapisteet ovat 203,238 ja 297. Näille pisteille on merkittävän tärkeää löytää syy, jotta vaihtelua voidaan prosessissa alentaa ja vakauttaa.

Kuorimon datatietoihin on kirjautunut seuraavia häiriöiden syitä, jotka kertovat mikä on aiheuttanut datapisteen alituksen tai ylityksen. Näitä olivat mekaaninen tai hydraulinen häiriö, jossa murskan kuljetin ei toiminut aiheuttaen sähkö- ja automaatiohäiriön sekä sulakkeiden vaihtoa. Nämä ovat mekaanisia, isoja ja aikaa vieviä korjauksia kuorimon murskalla ja hautomon kolakuljettimella. Tässä häiriössä on selkeä syy seuraussuhde kahden puun ohjautumisella katkaisuun samanaikaisesti, mikä aiheuttaa suurien kappaleiden kulkeutumisen murskaan. Kun katkaisu on toteutettu automaattisena valvomo ohjauksena, on kahden puun kulkeutuminen katkaisuun samanaikaisesti vaikeaa hallita. Näitä vikoja on vaikea poistaa ja ennakoida. Tämän lisäksi on ollut mekaaninen tai hydraulinen häiriö, jossa on ollut sahan sivusiirto pukkarin korjaus kuorimolla. Nämä ovat kuorimon tukin sivusiirto laitteiden ongelmiin liittyviä mekaanisia ja hydraulisia häiriöitä, jotka johtuvat laitteiden rikkoontumisesta ja kulumisesta.

### **5.2.6 I-mR -kortti käyntiaste**

Ohjauskortiksi koko vuoden tarkastelujaksolle on valittu I-mR -kortti, jolle on laskettu raja-arvot kuorimon syötetyistä käyntiasteista.



KUVIO 14. Kuorimon I-mR -kortti käyntiaste

Kuvion 14 mukaan prosessin toiminta ei voi olla hallinnassa, koska mitatun datan perusteella 12,9 % näyttää prosessin olevan epästabiili. Tämä havaitaan myös kuvion 14 I- kortissa 4 kpl punaisina pisteinä, jotka ovat alle kortin LCL alarajan. Nämä pisteet ovat 12, 144, 202 ja 235. Kuvio 14 mukaan nämä pisteet kohdistuvat numeroille 144, 203 ja 297. Käyntiaste on keskiarvona 74,9 %, mikä on keskimääräisesti hyvä tulos. Datapisteissä 100–128 kuvion 14 mukaan havaitaan merkittävää poikkeamaa keskiarvosta, jotka ovat keskiarvoa parempia verrattuna niitä muihin datapisteisiin. Tämä näkyy kuvioissa 14 yhtenäisenä punaisena datapisteiden jaksena. Kuvion 14 mukaan tämä on prosessissa keskimääräistä parempi data-arvojen jakso. Tämä tarkoittaa, että kuorimossa on korkea käyntiaste ja samanaikaisesti kuorimossa esiintyy vaihteittaisia pysähdyksiä tai häiriöitä, joten tämän takia käyntiasteen vaihtelu on merkittävä.

Datatietoihin on kirjautunut seuraavia häiriöiden syitä, jotka kertovat mikä on aiheuttanut datapisteen alituksen tai ylityksen. Näitä ovat mekaaninen tai hydraulinen häiriö, jossa murskan kuljetin on mennyt tukkoon, mikä on aiheuttanut sähkö- ja automaatiohäiriön sekä sulakkeiden vaihdon. Nämä ovat mekaanisia, isoja ja aikaa vieviä korjauksia kuorimon murskalla. Tässä häiriössä on selkeä syy seuraussuhde kahden puun ohjautumisella katkaisuun samanaikaisesti, mikä aiheuttaa suurien kappaleiden kulkeutumisen murskaan. Kun katkaisu on toteutettu automaattisena valvomo ohjauksena, on kahden puun kulkeutuminen katkaisuun samanaikaisesti vaikeaa hallita. Näitä vikoja on vaikea poistaa ja ennakoida. Lisäksi on ollut mekaaninen tai hydraulinen häiriö, jossa on tehty sahan sivusiirtopukkaajan korjaus kuorimolla. Nämä ovat kuorimon tukin sivusiirto laitteiden ongelmiin liittyviä mekaanisia ja hydraulisia häiriöitä, jotka johtuvat laitteiden rikkoontumisesta.

### **5.3 Tarkastelualue 2 haudonta**

Tutkimusalueella 2 hautomon täyttö tapahtuu ns. first-in, last-out menetelmällä. Tämä tarkoittaa, että materiaalikone tyhjentää hautomolokeroa sorvaukseen ja samanaikaisesti täyttää viereistä lokeroa kuorimosta tulevilla pölleillä. Täyttöön tulevat pöllit ja sorville ohjautuvat pöllit erotetaan kuljettimella olevilla erotusraudoilla. Tutkimusalue 2 haudontaa koskevat häiriötilanteet on otettu sorvauksen operaattoreiden kirjaamista tiedonkeruujärjestelmän tiedoista. Näistä Gema tiedonkeruujärjestelmään tallentuneista tiedoista pystytään tekemään haudonnalle Pareto-analyysi ja haudonnassa olevista haudonta-ajoista myös yhteenveto lokeroiden haudonta-aikojen keskiarvosta ja keskihajonnasta.

#### **5.3.1 Haudonta-ajat**

Taulukosta 3 toteamme haudonnan ajoissa ja täytössä olevan eri lokeroiden välillä hajontaa. Esimerkiksi voimme nähdä hautomolokeroiden 1 ja 2 täyttöaikojen olevan pidempiä. Varsinkin lokerossa 1 on pidempi täyttöaika, kuin muissa lokeroissa. Myös haudonta-ajan hajonta on isompi tarkastelujakson aikana 1 ja 2 haudontalokeroissa. Pidempi haudonta-aika johtuu hautomolinjan ongelmista tai kuorimon kyvykkydestä syöttää pöllejä haudontaan. Jos kuorinnan prosessissa on ongelmia ja hautomon syöttö keskeytyy, minkä seurauksena se myös pidentää haudonta-aikaa, kun syöttö keskeytyy. Pidempi haudonta aika voi johtua myös siitä, että lokeroita ei ole otettu käyttöön, jolloin niiden haudonta-aika on pidentynyt.

## TAULUKKO 2. Haudonnan haudonta-ajat (h)

	Hautomon hau-	1.9-											
	donta-ajat	30.11.21											
<b>Yht. keskiha-</b>													
<b>jonta</b>	<b>3,4 h</b>												
<b>Yht. keskiarvo</b>	<b>13,67 h</b>												
<b>Hautomon lo-</b>													
<b>kero</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>6.</b>	<b>7.</b>	<b>8.</b>	<b>9.</b>	<b>10.</b>	<b>11.</b>	<b>12.</b>	
Keskihajonta	9,8	2,05	1,90	1,47	1,85	1,57	1,70	1,32	1,24	1,28	1,58	1,89	
Keskiarvo	18,00	14,4	13,78	13,7	12,92	13	13,3	13,06	13,1	12,95	12,87	12,98	

### 5.3.2 Pareto-analyysi haudonta

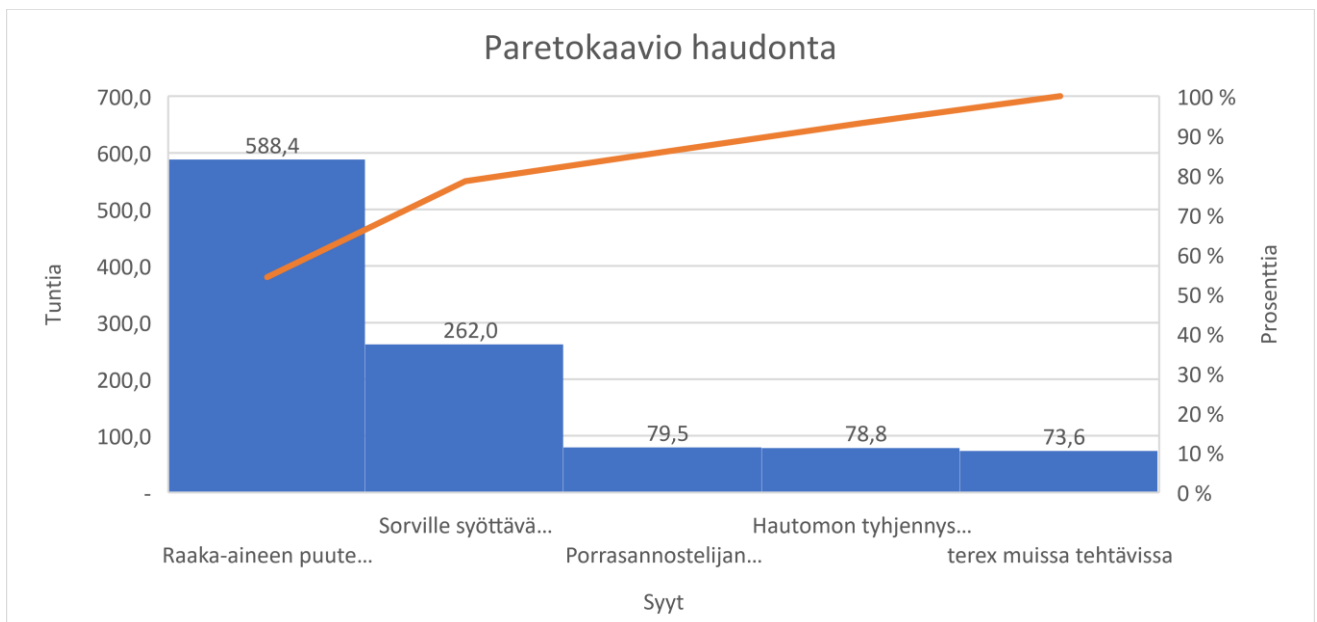
Hautomon Pareto-analyysissä vikojen syyt on otettu 2 sorvin häiriökuittauksista, joiden suurin syy on raaka-aineen puute/pöllipula. Kuvio 15 hautomon Pareto-analyysi on tehty tämän ensimmäisen syyn seuraavista selittävistä syistä, jotka selittävät syitä, mistä raaka-aineen puute/pöllipula johtuu. Näitä syitä ovat taulukon 3 mukaan kamarien täyttö, sorville syöttävä porrasannostelija ei toimi, porrasannostelijan mekaaninen vika, hautomon tyhjennys/odotus ja Terex materiaalikone muissa tehtävissä.

Kamarien täyttö on isoimpana syynä hautomon Pareto-analyysissä. Tämä tarkoittaa, että hautomoa ei ole pystytty täyttämään samassa ajassa kuin sitä on tyhjennetty. Tämä voi johtua sen hautomon edellisistä prosessin vaiheista kuten kuorimosta, materiaalikoneen laiterikoista tai muista hautomon täyttöön liittyvistä ongelmista.

Toisena syynä Pareto-analyysin syynä on sorville syöttävä porrasannostelija ei toimi. Tiedonkeruujärjestelmän mukaan tässä kohteessa on ollut syynä, että sorville syöttävä porrasannostelija on jätynyt talvella. Märkien pöllien käsittely aiheuttaa prosessin laitteisiin jäätymistä, joka on syynä kyseiseen vikaan. Ratkaisu tähän kohteeseen olisi lämmityksen asennus porrasannostelijaan.

TAULUKKO 3. Hautomon häiriöiden syyt

Hautomo	Päivää	Tuntia
Kamarien täyttö	24,5	588,4
Sorville syöttävä porrasannostelija ei toimi	10,9	262,0
Porrasannostelijan mekaaninen vika	3,3	79,5
Hautomon tyhjennys / odotus	3,3	78,8
Terex muissa tehtävissä	3,1	73,6



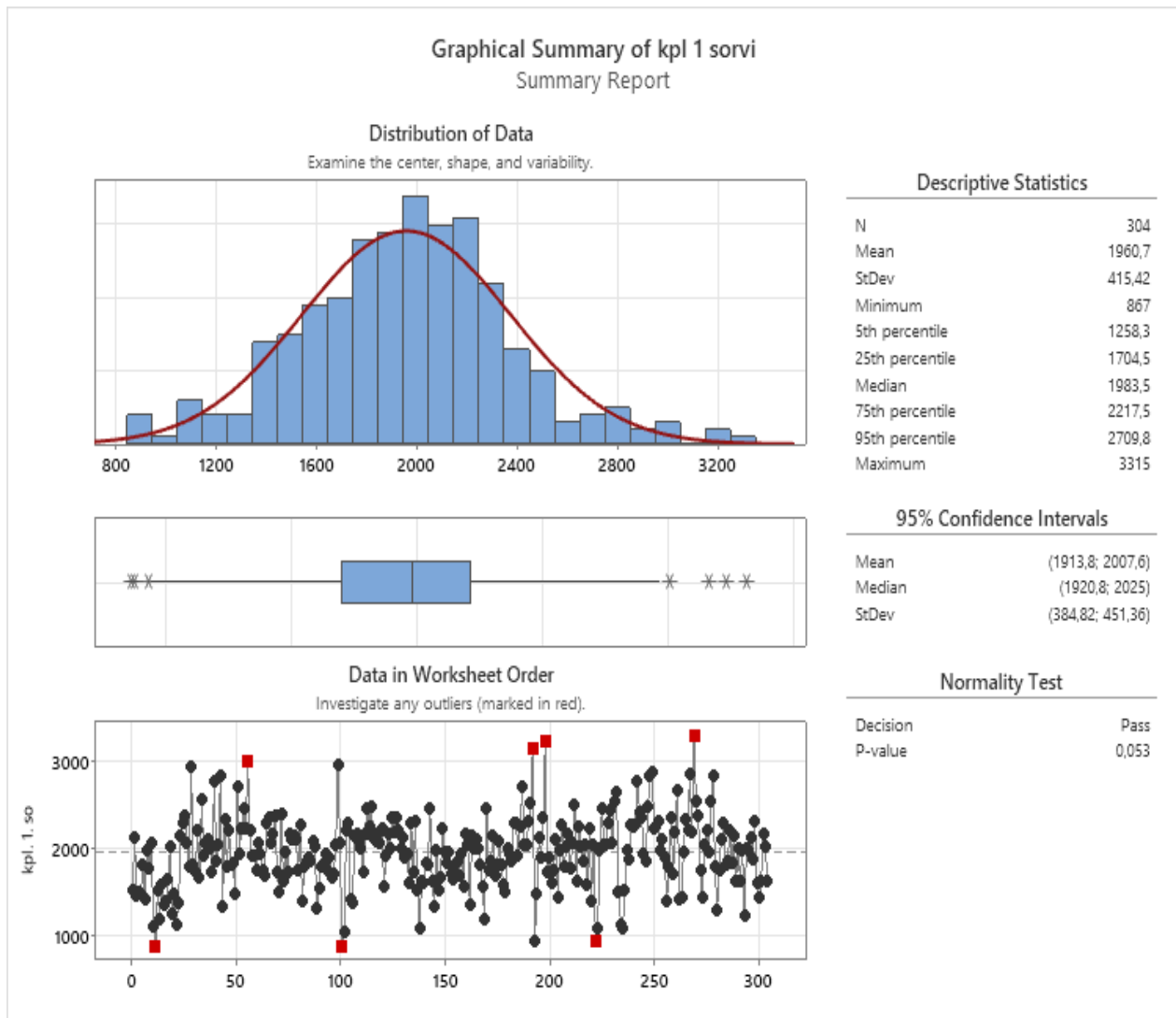
KUVIO 15. Pareto-analyysi haudonta

#### 5.4 Tarkastelualue 3 sorvaus

Tutkimusalue 3. koskee 1 ja 2 sorveja. Raportointi alkaa alussa nykytilanteen Graphical Summary raportilla. Seuraavana on molempien sorvien yhteinen kyvykkyysanalyysi selviytyä 6200 kpl/vrk tavoitteesta. Tämän jälkeen on vuorossa molempien sorvien Pareto-analyysi ja viimeisessä osassa raporteja on I-mR kortti molemmille sorveille sorvatuista kappaleista ja käyntiasteista.

### 5.4.1 Graphical Summary 1 sorvin kpl

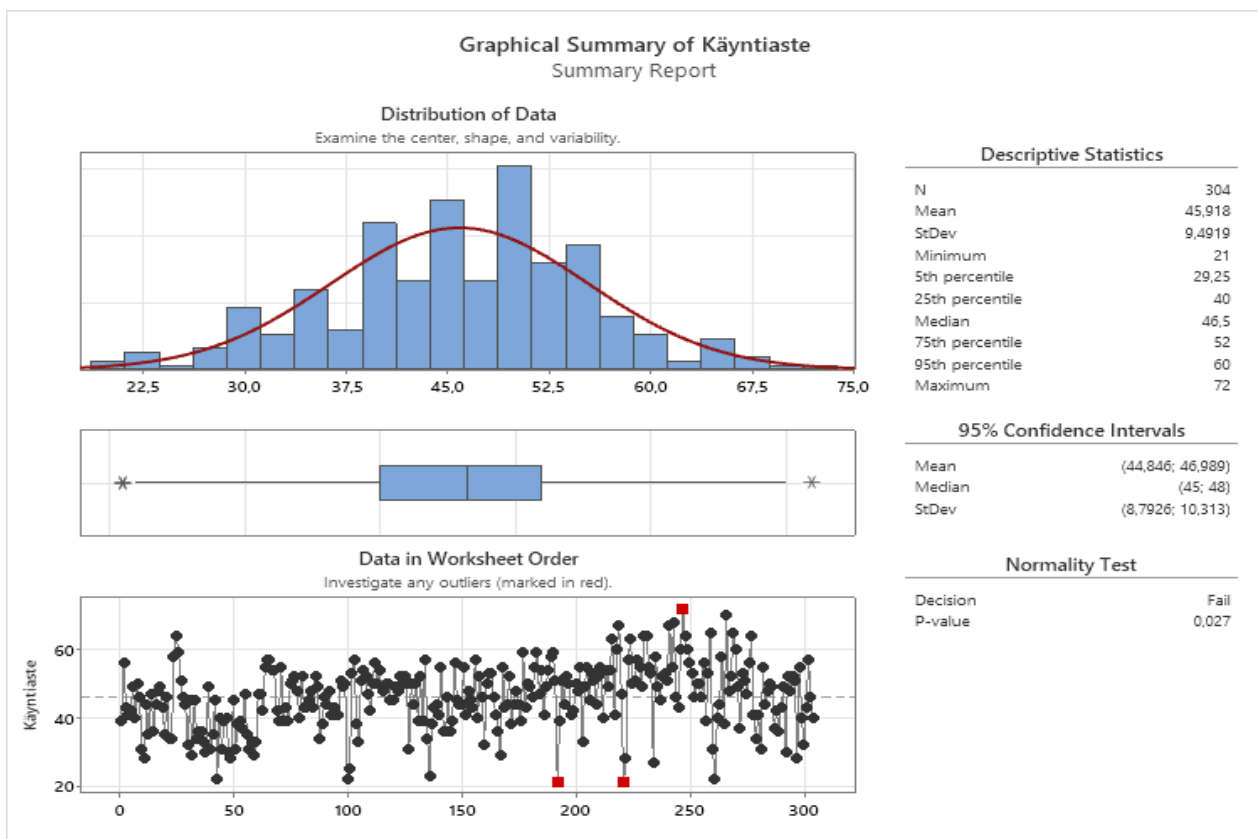
Kuviossa 16 toteamme, että sorvaus 1 läpäisee normaalitestin, koska P-value on 0,053, mikä on suurempi arvostaan, kuin 0,05. Tämä tarkoittaa, että sen sorvauksen 1 toiminta on riittävän stabiilia. Tutkimuspisteitä on 304 kpl, joiden keskiarvo on 1960. Kuvion 16 mukaan jotkut datapisteiden arvoista ovat poikkeavia arvoja, vaikka prosessi onkin akaa. Jos halutaan saada tarkempi kuva prosessin poikkeavuuksista, on kuvion 16 mukaan lisättävä otoksen määrää, joka otoksen määrään nähden ei ole mielestäni tarpeellista. Kuvion 16 mukaan jotkut datapisteistä ovat poikkeavia arvoja, jotka eivät näytä kuuluvan datatietoihin. Koska poikkeamat voivat vaikuttaa voimakkaasti minkä tahansa datalle suorittaman tilastollisen analyysin tulokseen, on tärkeää tunnistaa epätavallisen poikkeaman syy. Tämän syyn selvittämiseksi kuvio 16 suosittaa käyttämään prosessissa ohjauskorttia.



KUVIO 16. Graphical Summary 1 sorvin kpl

### 5.4.2 Graphical Summary 1 sorvin käyntiaste

Sorvaus 1 käyntiasteen P-value arvo ei läpäise normaaliustestiä, mikä tarkoittaa, että käyntiaste ei noudata normaalijakaumaa. Kuviossa 17 näemme datapisteiden määrän 304 ja käyntiasteen keskiarvon 45,9. Kuvion 17 mukaan jotkut datapisteistä ovat poikkeavia arvoja, millä on suuri merkitys prosessin tulokseen. Jotkut data-arvoista ovat poikkeavia arvoja, jotka eivät näytä kuuluvan annettuihin tietoihin. Kuvion 17 mukaan poikkeamat voivat vaikuttaa voimakkaasti minkä tahansa datalle suorittamaan tilastollisen analyysin tulokseen. On erityisen tärkeää tunnistaa epätavallisesti käyttäytyvän virtauksen syy, toisin sanoen mistä poikkeama johtuu.



KUVIO 17. Graphical Summary 1 sorvin käyntiaste

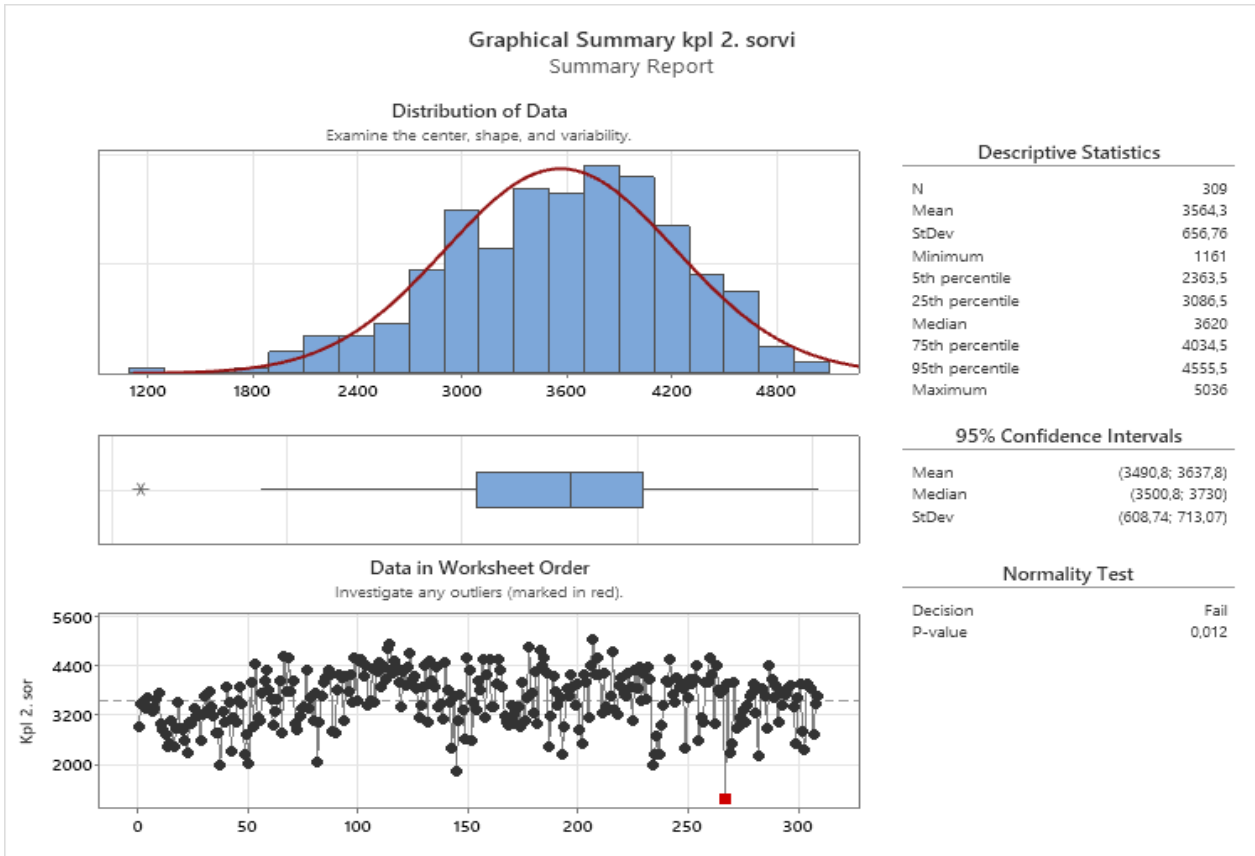
### 5.4.3 Graphical Summary 2 sorvin kpl

Graphical Summary 2 sorvilla ei läpäise normaalijakauman testiä eli se ei ole stabilissa tilassa. Kuviossa 18 voidaan todeta, että datapisteitä on yhteensä 309 kpl ja niiden keskiarvo on 3564 ja keskihajonta

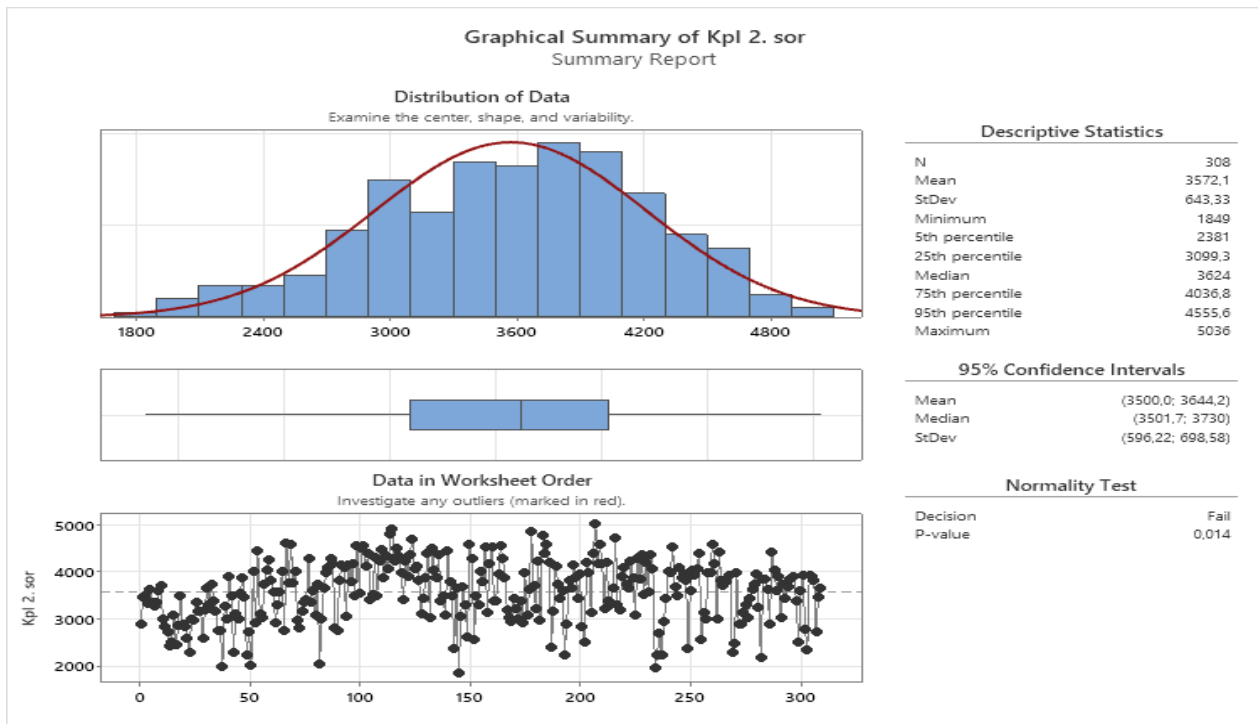
656,76. Vaikka datapisteet eivät täytä normaalijakaumaa, on kuvaaja muodoltaan hyvin normaalijakaumanmuotoinen, jonka voimme havaita kuviossa 18. Keskiarvo ei kohdistu keskelle ja kuvaajan arvot kohdistuvat enemmän oikealle, kuin vasemmalle. Kuvio 18 pyytää tutkimaan kuvaajan keskustaa ja siinä näkyvää vaihtelua eri arvojen kesken. Kuvion 18 mukaan, kuvaajassa esiintyvä muodon vaihtelu johtuu odottamattomista syistä, mitkä voivat viitata prosessissa ilmeneviin ongelmiin.

Ongelmien selvittämiseksi pyydetään käyttämään ohjauskorttia, jolla ongelmia pystytään tunnistamaan ja poistamaan ne.

Kuviossa 18 voidaan nähdä yhdessä kohdassa datapisteen alitus, joka on johtunut sähkö- ja automaatiohäiriöstä, jossa leikkurin terän moottori on hajonnut, mikä on aiheuttanut sorvauksen pysähtymisen. Tämä on erityissyynä luokiteltava häiriö, jonka esiintyvyys on vähäistä. Analysoin pöllien virtausta ilman kyseistä datapistettä. Vaikka prosessissa ei olisi kyseistä datapistettä, se ei kuvion 19 mukaan läpäise normaalitestistä. Normaalitestin tulos nousee 0,014, mikä on hyvä prosessin kokonaisuuteen nähden. Kuvio 19 voimme todeta kuvaajan muodon olevan hyvä, mutta kuvaajan hajonnan melko iso. Tavoitteena olisi hajonnan pienentäminen millä voitaisiin merkittävästi vaikuttaa vaihtelun pienentämiseen prosessissa.



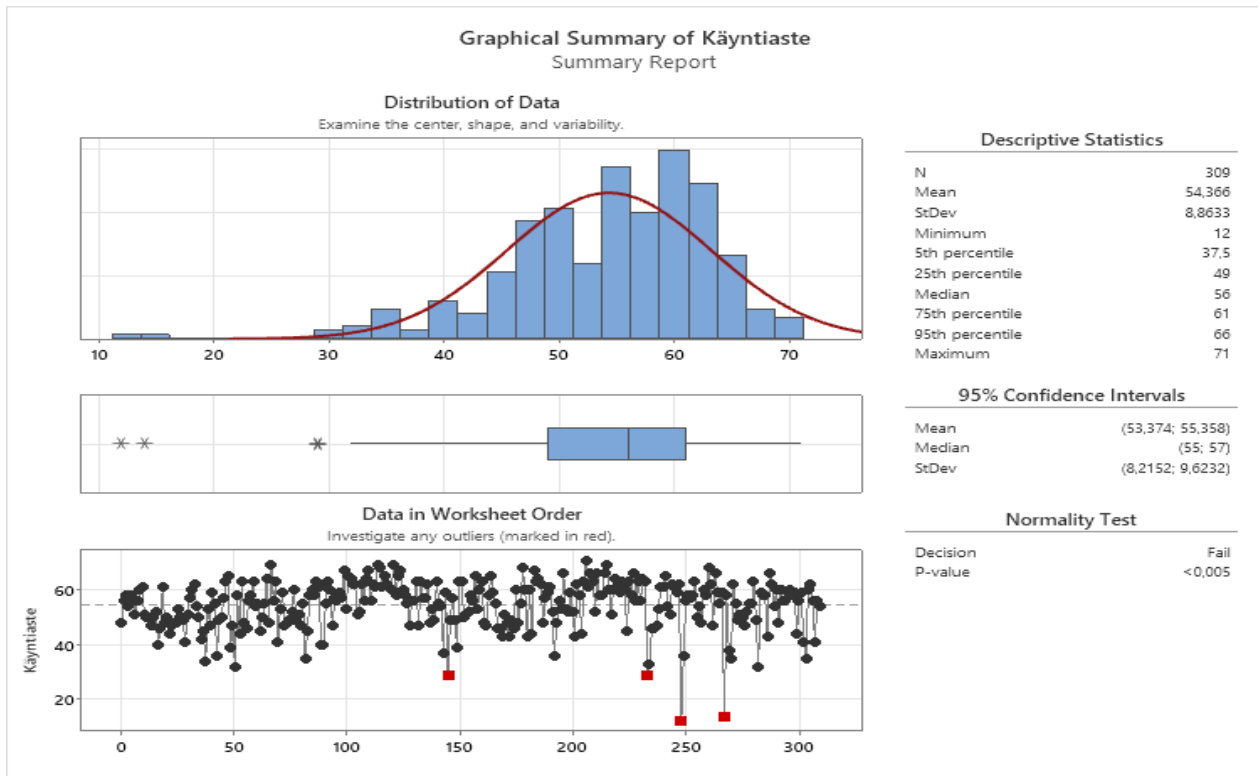
KUVIO 18. Graphical Summary 2 sorvin kpl



KUVIO 19. Graphical Summary 2 sorvin kpl

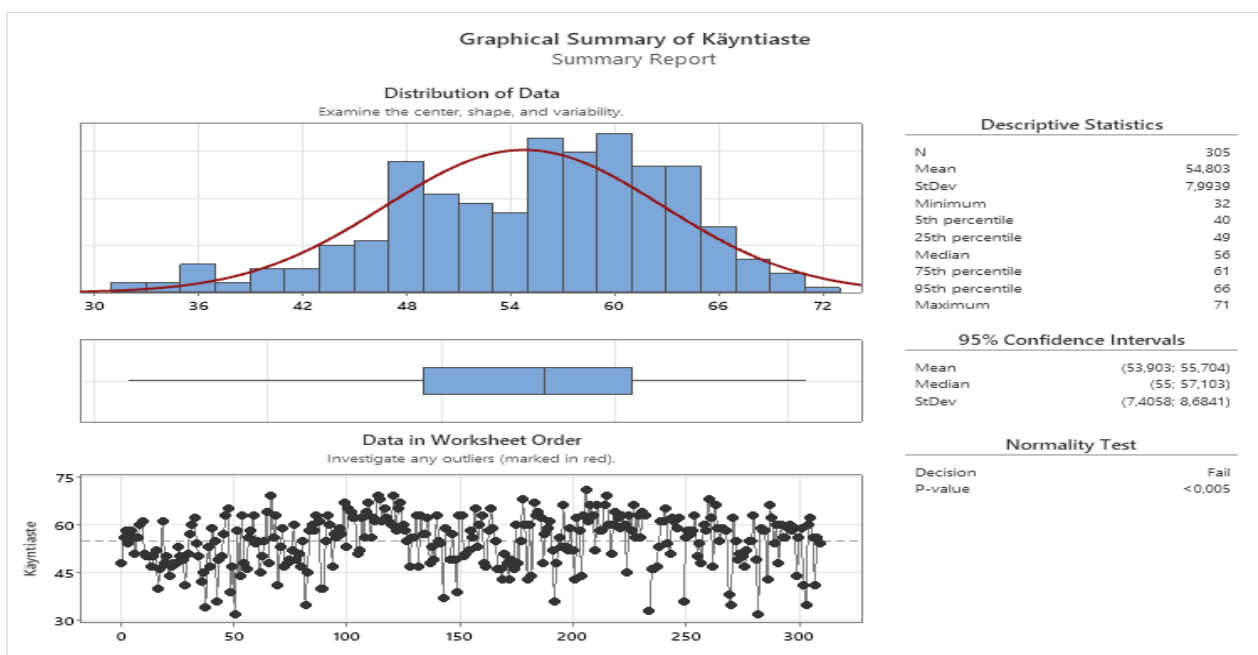
#### 5.4.4 Graphical Summary 2 sorvin käyntiaste

Sorvaus 2 ei läpäise käyntiasteen normaalitestistä, koska P-value on alle 0,05. Vuodessa kertyneitä mittauksen datapisteitä on 309 kpl. käyntiasteen keskiarvo on 54,36 % ja keskihajonta 8,86 %. Kuviossa 21 voimme havaita mitattavan datan kuvaajan olevan epätasaisesti jakautunut. Siinä havaitaan keskellä olevien data-arvojen puuttumista ja kuvaajan muodon olen epämuodostunut, niin että oikealla on enemmän datapisteitä kuin vasemmalla. Viitaten kuvioon 21 on tärkeää tutkia kuvaajan keskellä olevaa poikkeavuutta prosessin ohjauskorteilla, jotta voidaan löytää syy havaituille datapisteille.



KUVIO 20. Graphical Summary 2 sorvin käyntiaste

Kuviossa 20 voidaan nähdä neljässä kohdassa datapisteen alituksen. Yhdessä näistä on ollut syynä sähkö- ja automaatiohäiriö, jossa leikkurin terän moottori on hajonnut, mikä on aiheuttanut sorvauksen pysähtymisen. Kuviossa 21 on kaikki kyseiset data pisteiden alitukset poistettu. Kuvion 21 perusteella prosessi ei läpäise normaalitestä, tuloksen ollessa alle 0,005.



KUVIO 21. Graphical Summary 2 sorvin käyntiaste

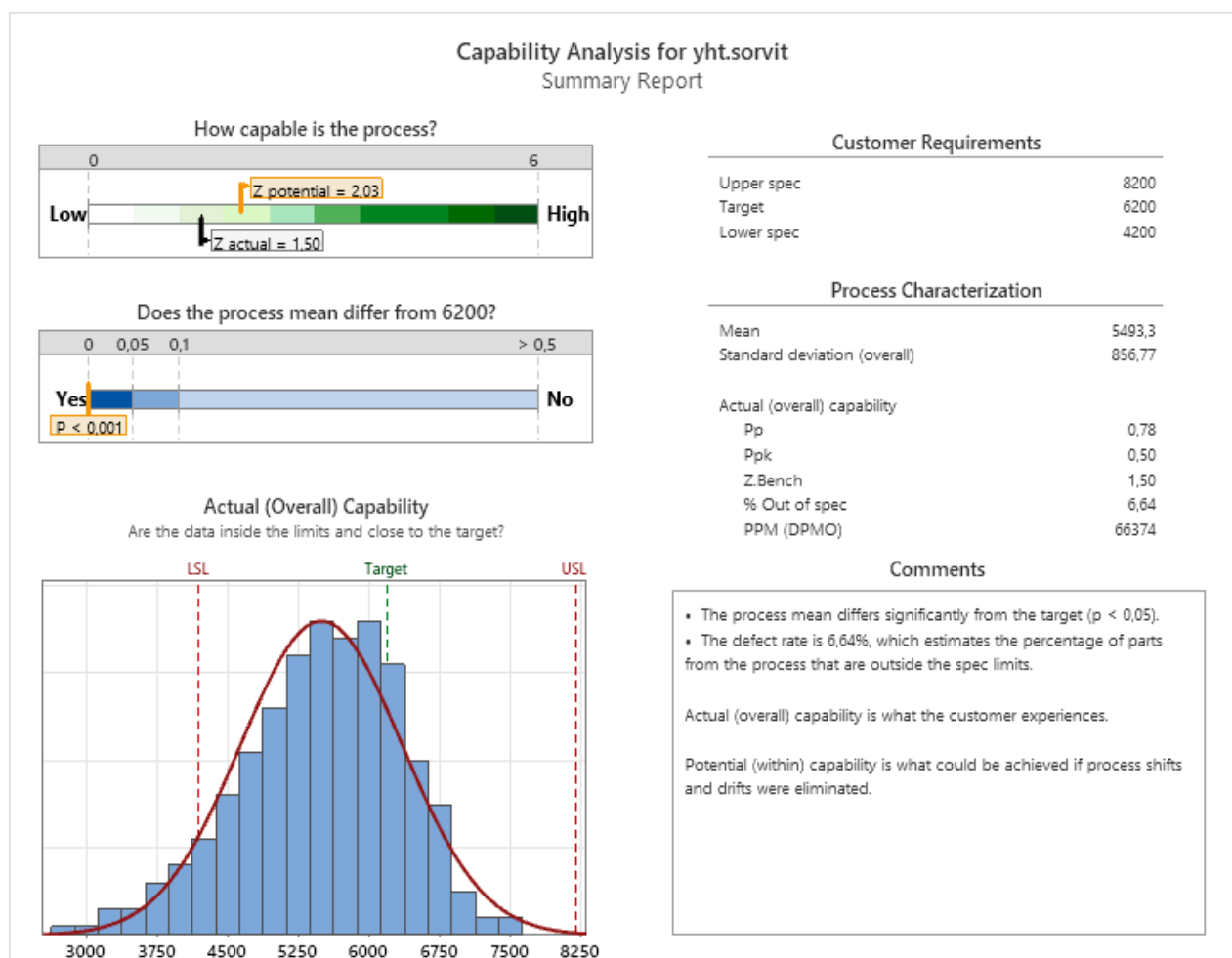
### 5.4.1 Kyvykkyysanalyysi Sorvaus

Kyvykkyysanalyysin laskemisessa käytetyt toleranssirajat ovat laskettu sorvauksen yhden vuoron syöttöä  $\pm 2000$  kpl koskevilla arvoilla. Asetetut raja-arvot ovat prosessin kannalta kohtuullisia ja tavoiteltavia arvoja. Tuotantotavoitteeksi on laitettu 6200 kpl/vrk.

- Kyvykkyysanalyysi
 

LCL	=	<b>4200</b>
UCL	=	<b>8200</b>
Tavoite	=	<b>6200</b>

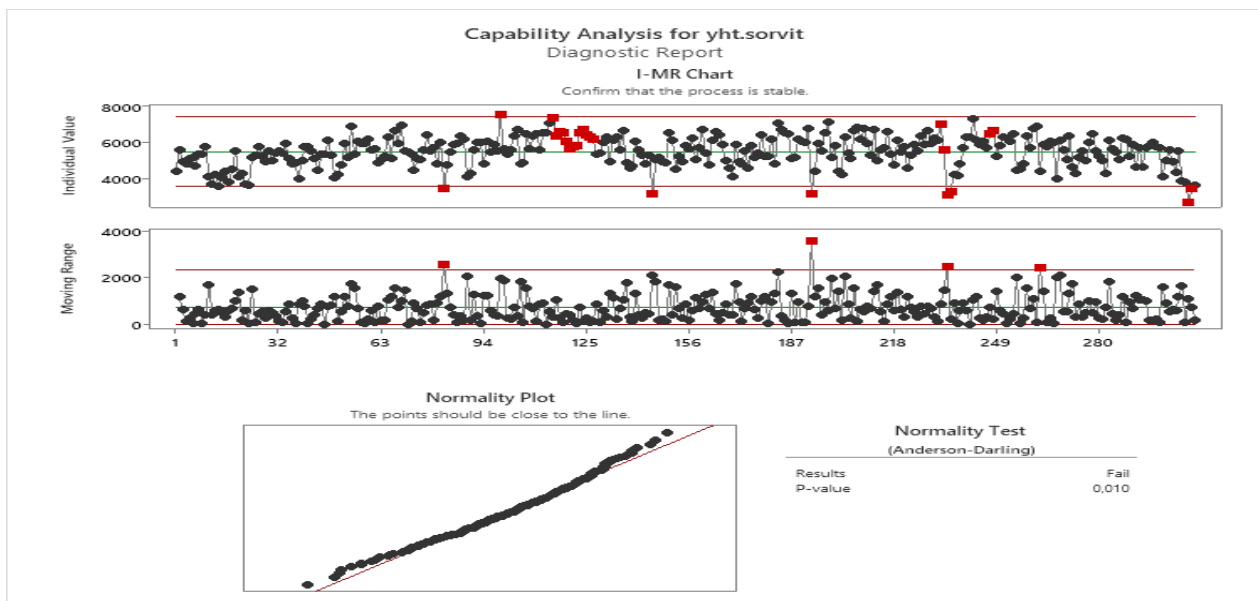
Kyvykkyysanalyysin raja-arvojen asettamisessa on huomioitava kohtuullinen hyväksyttävä vaihtelu, jotta prosessin toiminta olisi riittävän hallittua. Tästä syystä raja-arvojen perusteena on prosessin kannalta yhden vuoron mittainen vaihtelu.



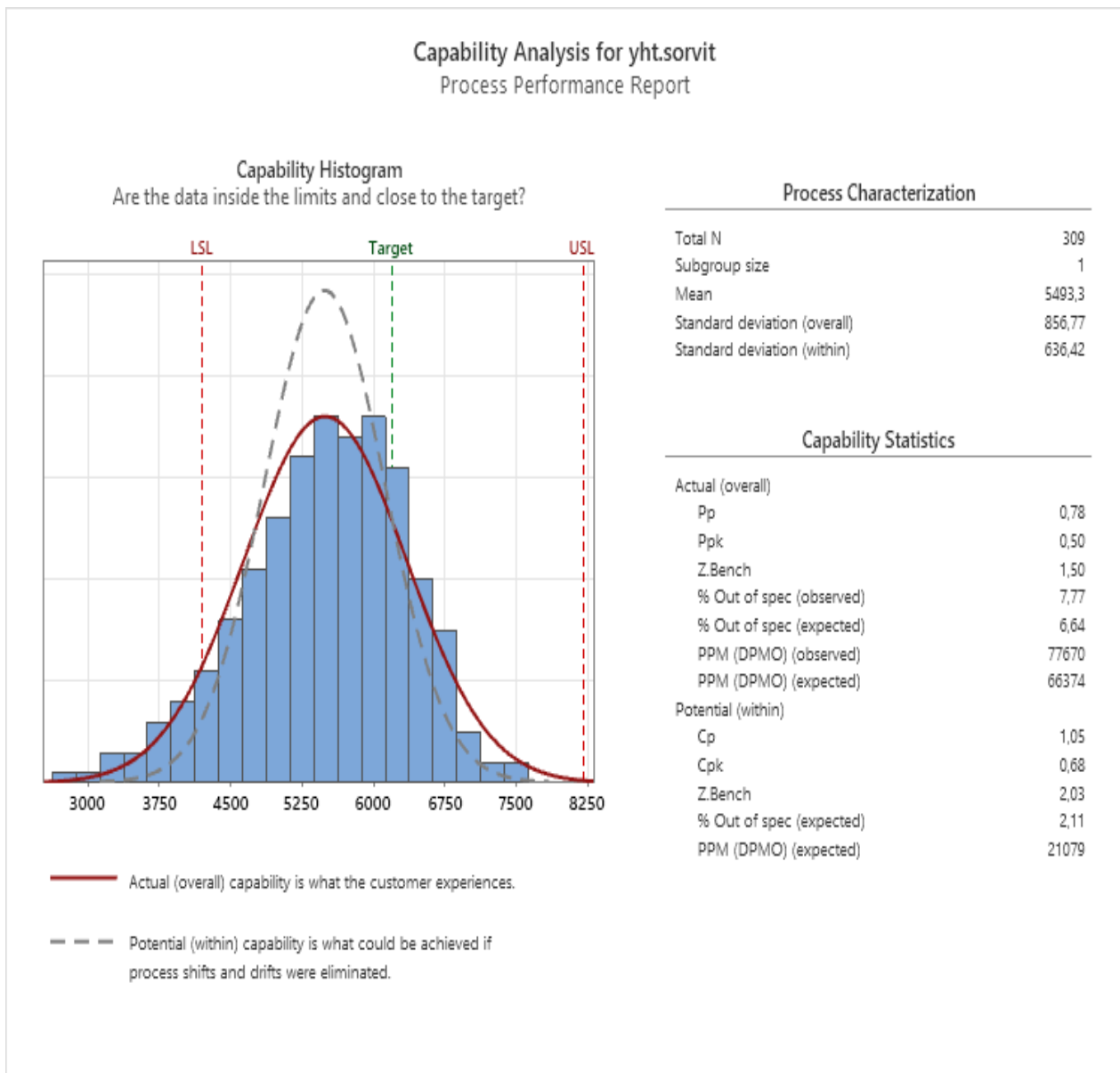
KUVIO 22. Kyvykkyysanalyysi sorvaus

Sorvauksen kyvykkyysanalyysin tavoitteena on saavuttaa 6200 kpl/vrk, jota se ei pysty kuvion 22 tutkimustulosten perusteella täyttämään. Prosessin keskiarvo poikkeaa merkittävästi tavoitteesta. Vikaprosentti on 6,64 %, mikä tarkoittaa osan prosessin arvoista olevan raja-arvojen ulkopuolella. Kuvion 23 mukaan, P- value arvo on 0,010, mikä on alle normaalitestin läpisyyn vaadittavan 0,5 arvon. Kuvion 24 mukaan, sorvauksessa on paljon sisäistä potentiaalia ja kykyä saavuttaa tarvittava kyvykkyys, mikäli prosessin erityiset ongelmat pystytään poistamaan. Prosessin kokonaiskapasiteetti menee kokonaisuudessaan siihen, mihin se kykenee suoriutumaan. Kuvion 24 mukaan, pitkän ajan kyvykkyys  $C_{pk}$  tavoite on nousta 0,68:ään. Tällä hetkellä  $P_{pk}$  arvo on 0,5. Tulosten mukaan prosessin vakaus on tärkeä asia suorituskykyanalyyseissä. Koska prosessi ei ole vakaa, on kuvion 23 mukaan selvitettävä ja ratkaistava prosessissa oleva vaihtelu ohjauskorttien avulla, mikäli halutaan prosessin kyvykkyudessa saavuttaa 6200 kpl/vrk tavoite. Vaihtelua on tarkoitus tutkia ohjauskorttien ulkopuolelle jäävien datapisteiden erityisillä syillä ja löytää ratkaisuja niiden poistamiseksi.

Mielestäni sorvaukselle asetettu tavoite 6200 kappaletta vuorokaudessa ei ole liian merkittävä. Se että sorvaus ei pääse tavoitteeseen johtuu muista tekijöistä kuin sorvauksen kyvykkyydestä. Näitä voivat olla kuorimon ja haudontaan liittyvät ongelmat. Kokonaisuudessaan sorvauksen kyvykkyysanalyysin kuvaaja on normaalijakaumannäköinen ja hyvä. paremman kyvykkyuden tavoitteeksi voidaan asettaa hajonnan pienentäminen. On erittäin tärkeää miettiä oikeat toleranssirajat ja riittävän realistinen vaihtelu prosessille, jotta sitä voidaan paremmin ohjata ja mitata.



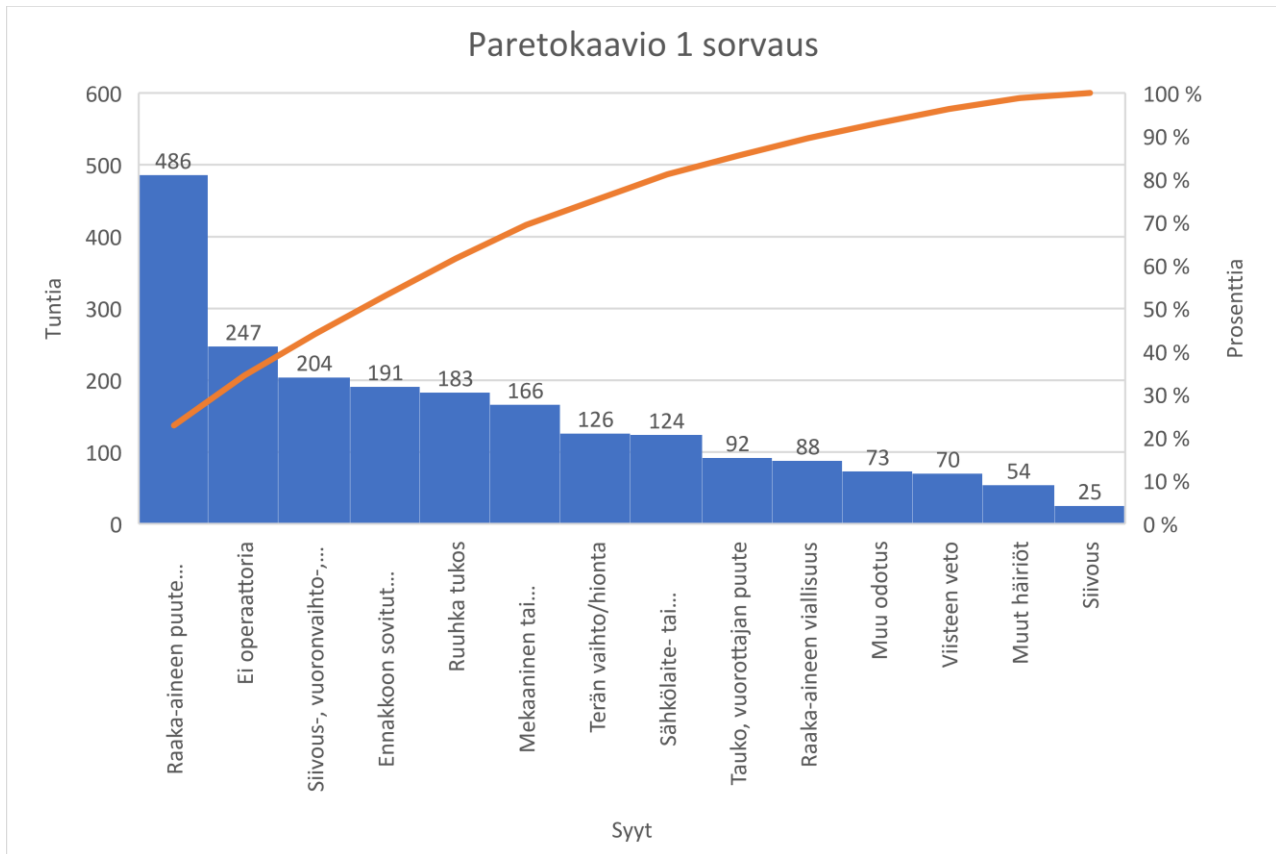
KUVIO 23. Kyvykkyysanalyysi sorvaus



KUVIO 24. Kyvykkyysanalyysi sorvaus

#### 5.4.2 Pareto-analyysi sorvaus 1

Sorvaus 1 Pareto-analyysissä on kuvion 25 mukaan suurimpina syinä, raaka-aineen puute, ei operaattoria, siivous, ennakkohoolto ja ruuhkat. Raaka-aineen puute johtuu hautomolinjalta tulevien pölliien odottamisesta. Sorvauksessa ei ole taukoutuurausta, mikä tarkoittaa häiriön ei operaattoria johtuvan tästä syystä. Lisäksi 1 sorvauksessa ei ole yövuoroissa sorvausta ja 1 sorvauksessa on myös joka toinen viikko ennakkohoolto, jossa on koneiden ja laitteiden korjausta.



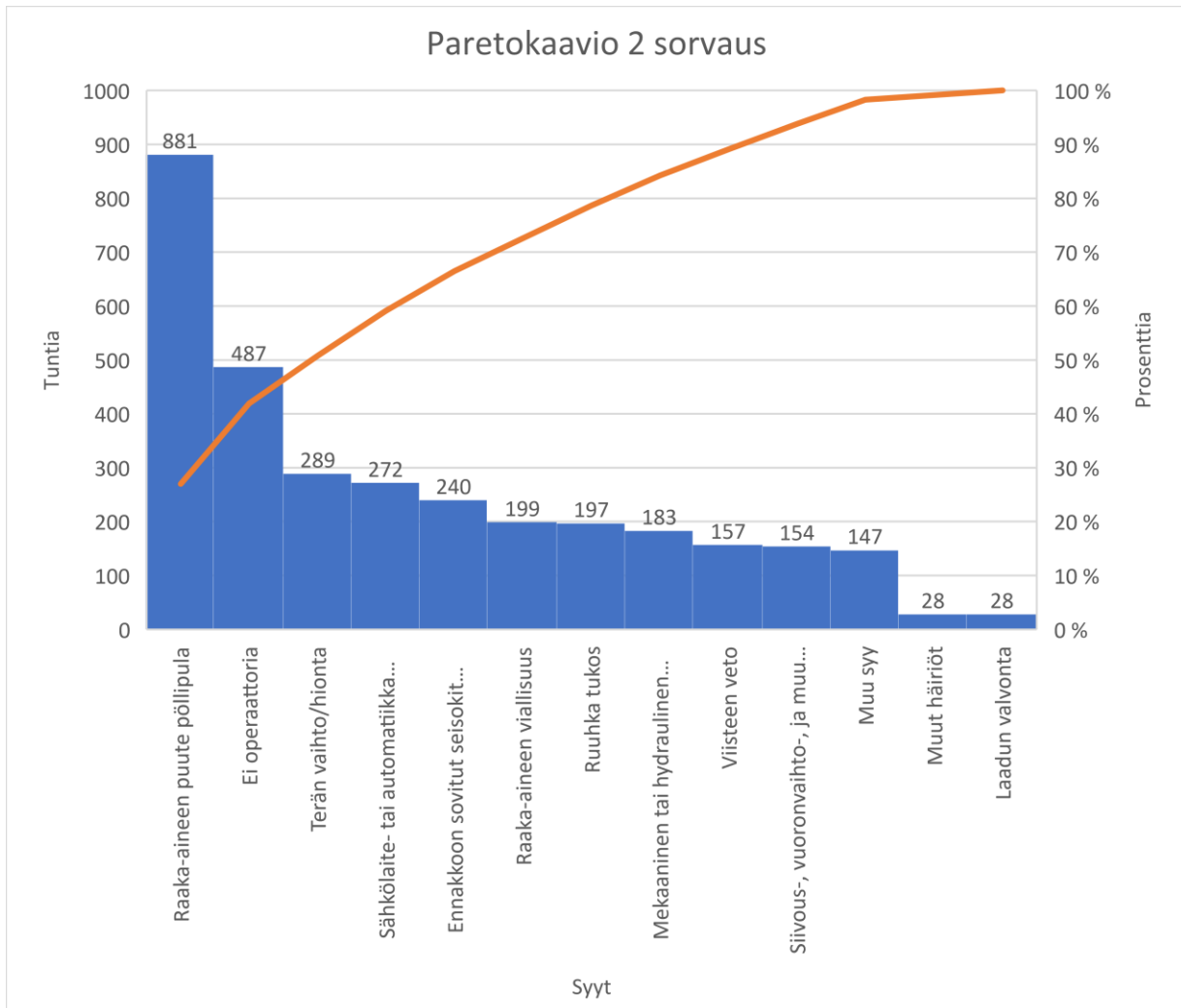
KUVIO 25. Pareto-analyysi sorvaus 1

Sorvauksen pysäytystä koskeva data on otettu Gema tiedonkeruujärjestelmästä vuoden 2021 aikana esiintyneistä pysäytyksistä, jotka ovat olleet yli 5 minuuttia. Pareto-analyysin mukaan sorvauksen prosessia pystytään parantamaan, jos raaka-aineen puute sorville pystytään ratkaisemaan. Tämän takia sorvauksessa on paljon odottamista, kun pöllejä ei tule sorvaukseen. Raaka-aineen puute selvittää myös sorvauksen kyvykkyysanalyysin syytä, miksi sorvaus ei pääse sille asetettuun tavoitteeseen.

### 5.4.3 Pareto-analyysi sorvaus 2

Pareto-analyysin mukaan kuvion 26 mukaan 2. sorvin suurimpia virtauksen pysäyttäneitä syitä ovat: raaka-aineen puute, ei operaattoria, teränvaihto ja sähkölaite- tai automaatiohäiriöt. Raaka-aineenpuute on sama häiriö, mikä 1 sorvillakin voidaan todeta. Tämä koskee hautomolinjan puutteellista pöllien virtausta. Ei operaattoria oleva syy, tarkoittaa sorvauksen operaattorin pitämiä taukoja. 2 sorvauksessa on keskeytymätön 3-vuoro, mikä tarkoittaa, että sorvauksessa työskentelee operaattori jokaisena viikon päivänä kolmessa vuorossa. Operaattori suorittaa teränvaihdon tiettyjen ajometrimäärien täyttyessä. Tällä

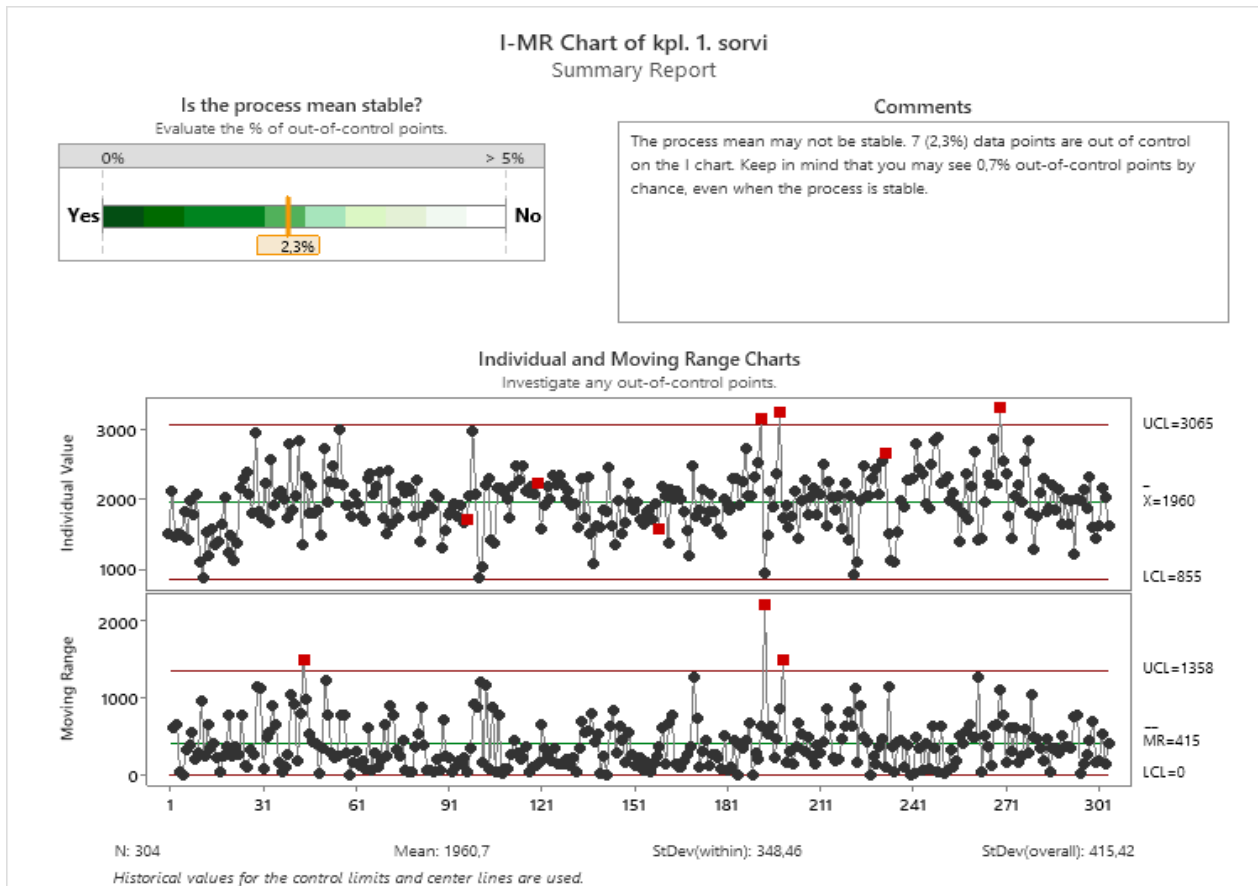
on suuri vaikutus hyvään pintaviilun laatuun ja sorvauksen onnistumiseen. Sähkö- ja automaatiohäiriöistä johtuvat häiriöt koskevat koko 2 sorvauksen linjastoa.



KUVIO 26. Pareto-analyysi sorvaus 2

#### 5.4.4 I-mR -kortti sorvaus 1 kpl

Ohjauksortiksi koko vuoden tarkastelujaksolle on valittu I-mR -kortti, jolle on laskettu seuraavat raja-arvot 1 sorville ohjautuneista kappaleista vuorokaudessa. Tarkastelujakson pituus on vuoden 2021 aikana syötetyt kappaleet. Sorvaus 1 tuotantomäärän keskiarvo on 1960 kpl päivässä.



KUVIO 27. I-mR -kortti sorvaus 1 kpl

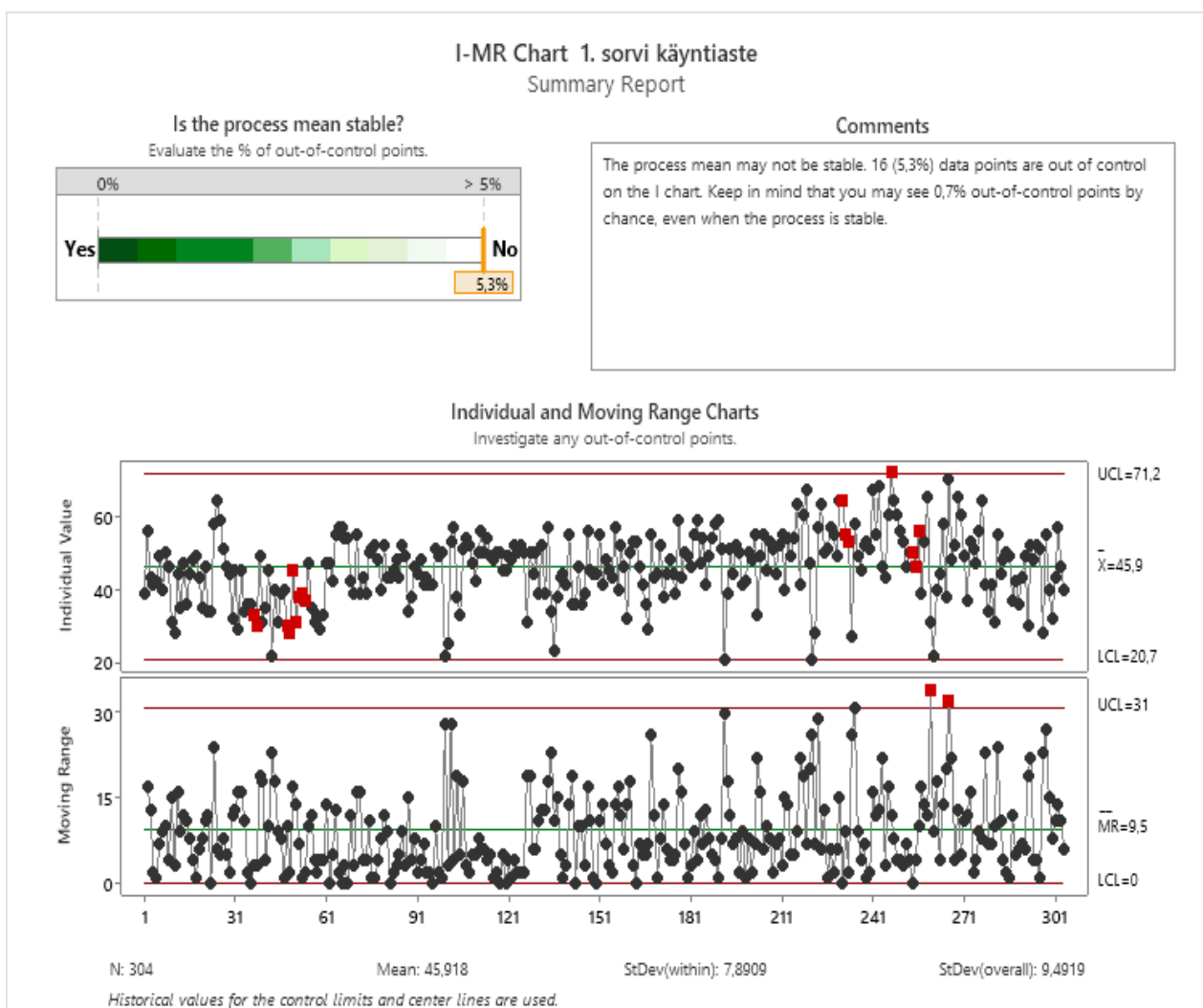
Kuvion 27 mukaan prosessi on epävaka, koska 7 datapistettä eivät ole hallinnassa, mikä on 2,3 % kaikista mitatuista arvoista, jotka eivät täytä ohjauskortin raja-arvoja. Prosessin vaihtelussa havaitaan eroja, mikä todetaan I-kaaviossa, jotka ovat pistenumeronä 192,198 ja 269. Kuvion 27 mukaan vaikka prosessi toimisi vakaasti, olisi siinä tulosten perusteella todennäköistä, että 0,7 % saaduista arvoista ei täytä ohjauskortin asettamia raja-arvoja. Kuviossa 27 olevien tulosten perusteella pyydetään etsimään syitä prosessissa oleville ohjausrajojen ulkopuolelle jääville erityisyyille. Tämä tyypillisesti johtuu eri vuorojen, virtauksen kysynnän suhdanteesta tai muusta toiminnan eri syystä ja vaihtelua lisäävästä asiasta. Kuvion 27 mukaan nämä on tulkittava siirtymiksi, jotka johtuvat eri vuorojen vaihdosta tai muusta erityisestä syystä. Kuvion 27 mukaan prosessissa on kolme mR datapistettä, joiden vaihtelu on yli UCL rajan. Datapisteet ovat 44, 193 ja 199. Näille pisteille on merkittävän tärkeää löytää syy, jotta vaihtelua voidaan prosessissa alentaa ja virtausta parantaa.

Sorvauksessa on datatietoihin kirjautunut seuraavia häiriöiden syitä, jotka kertovat mikä on aiheuttanut datapisteen alituksen tai ylityksen. Näitä ovat olleet pöllipula, joka on johtunut kamarien täytöstä. Sorvaus on keskeytynyt vajaan hautomon täyden vuoksi, koska täyttöä ei ole pystytty tekemään samassa

ajassa kuin tyhjennystä. Tämän lisäksi on myös datatiedoissa sähkö- ja automaatiohäiriö purilas- ja ha-  
kekuljettimella, joka on johtanut sorvauksen pysähtymiseen.

### 5.4.5 I-mR -kortti sorvaus 1 käyntiaste

Tässä osiossa analysoidaan sorvaus 1 käyntiasteita vuoden 2021 aikana, jotka on tehty I-mR -ohjauskor-  
tilla. Yhden datatiedon kesto on yksi vuorokausi.



KUVIO 28. I-mR -kortti sorvaus 1 käyntiaste

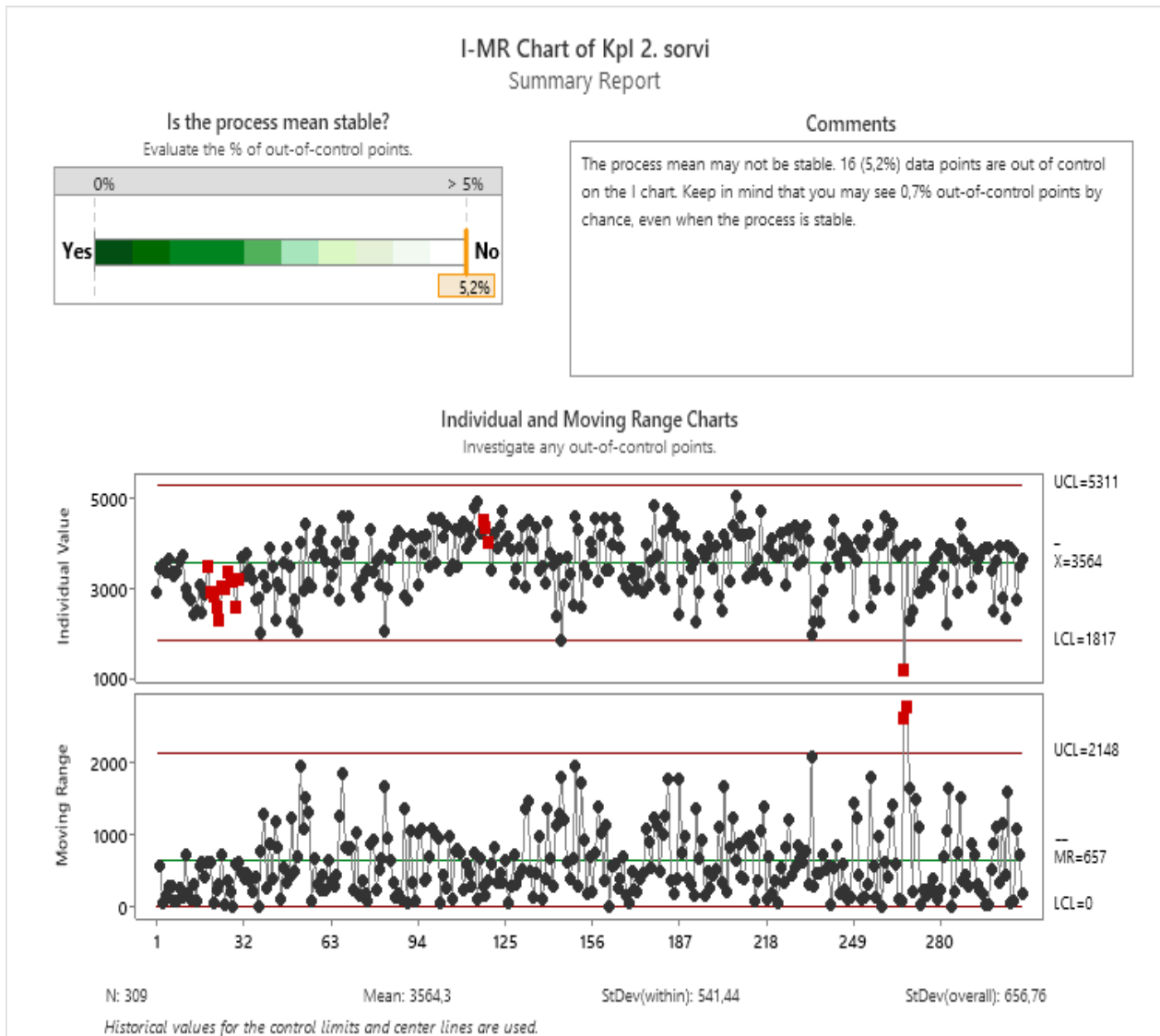
Kuvion 28 mukaan, prosessi on epävakaa, koska 16 datapistettä eivät ole hallinnassa, mikä on 5,3 %  
kaikista mitatuista arvoista, jotka eivät täytä ohjauskortin raja-arvoja. I- kaaviossa on pistenumero 247,

joka jää ohjauskortin raja-arvojen ulkopuolella. Kuvion 28 mukaan vaikka prosessi toimisi vakaasti olisi siinä tulosten perusteella todennäköistä, että 0,7 % saaduista arvoista ei täytä ohjauskortin asettamia raja-arvoja. Kuviossa 28 olevien tulosten perusteella pyydetään etsimään syitä prosessissa oleville ohjausrajojen ulkopuolelle jääville erityisyyille. Kuvion 28 mukaan prosessissa on tyypillisesti eniten yleisiä syitä ja myös tasainen vaihteluväli. Kuvion 28 mukaan prosessissa on vaihtelua, joka on erityisyyvaihtelusta johtuvaa. Ne näkyvät kuviossa 28 datapisteinä 37, 38, 48–54, 231 ja 254–256. Nämä pisteet muodostavatkin suurimman syyn esiintyvään vaihteluun, joka ohjauskortin mukaan johtuu tyypillisesti eri vuorojen, kysynnänsuhdanteesta tai muusta toiminnan eri syystä. Kuvion 28 mukaan nämä on tulkittava siirtymiksi, jotka johtuvat eri vuorojen vaihdoista tai muusta erityisestä syystä. Kuvion 28 mukaan prosessissa on 2 kpl mR datapistettä, joiden vaihtelu on yli UCL rajan. Datapisteet ovat 260 ja 266. Näille pisteille on merkittävän tärkeää löytää syy, jotta vaihtelua voidaan prosessissa alentaa ja virtausta parantaa.

Sorvauksessa on datatietoihin kirjautunut seuraavia häiriöiden syitä, jotka kertovat mikä on aiheuttanut datapisteen alituksen tai ylityksen. Näitä ovat pöllipula, joka on johtunut kamarien täytöstä. Sorvaus on keskeytynyt vajaan hautomon täytön vuoksi, koska täyttöä ei ole pystytty tekemään samassa ajassa kuin tyhjennystä. Tämän lisäksi on myös datatiedoissa sähkö- ja automaatiohäiriö purilas- ja hakekuljettimella, joka on johtanut sorvauksen pysähtymiseen. Lisäksi vikana on ollut datapisteen ilmoittama erityisyys, joka on ollut sähkö- ja automaatiohäiriö viilukuljettimilla, josta on ollut seurauksena ruuhkia viilukuljettimilla. Vikana ollut datapisteen ilmoittama syy pöllipulasta sekä porrasannostelijan ja ulkopöydän mekaanisesta viasta. Syynä on ollut porrasannostelijan jäätyminen, mikä on aiheuttanut sen jumittumisen ja rikkoutumisen.

#### **5.4.6 I-mR -kortti sorvaus 2 kpl**

Seuraava analyysi koskee 2 sorvauksen kappalemääriä vuorokaudessa vuoden 2021 mittaisella tarkastelujaksolla. Kuvion 29 mukaan, prosessi on epävakaa, koska 16 datapistettä eivät ole hallinnassa, mikä on 5,2 % kaikista mitatuista arvoista, jotka eivät täytä ohjauskortin raja-arvoja. Prosessin vaihtelussa havaitaan eroja, mikä todetaan I-kaaviossa, jonka pistenumero 267 ei ole ohjauskortin raja-arvojen sisäpuolella. Kuvion 29 mukaan vaikka prosessi toimisi vakaasti olisi siinä tulosten perusteella todennäköistä, että 0,7 % saaduista arvoista ei täytä ohjauskortin asettamia raja-arvoja.



KUVIO 29. I-mR -kortti sorvaus 2 kpl

Kuvion 29 mukaan, prosessissa on erityisyyvaihtelua, joka johtuu prosessin siirtymistä. Ne näkyvät kuviossa 29 datapisteinä 19–30 ja 117–119. Nämä pisteet muodostavatkin suurimman syyn esiintyvään vaihteluun, joka ohjauskortin mukaan johtuu tyypillisesti eri vuorojen, kysynnän suhdanteesta tai muusta toiminnan eri syystä. Kuvion 29 mukaan nämä on tulkittava siirtymiksi, jotka johtuvat eri vuorojen vaihdoista tai muusta erityisestä syystä. Kuvion 29 mukaan prosessissa on 2 kpl mR datapistettä, joiden vaihtelu on yli UCL rajan. Datapisteet ovat 267 ja 268. Näille pisteille on merkittävän tärkeää löytää syy, jotta vaihtelua voidaan prosessissa alentaa ja virtausta parantaa.

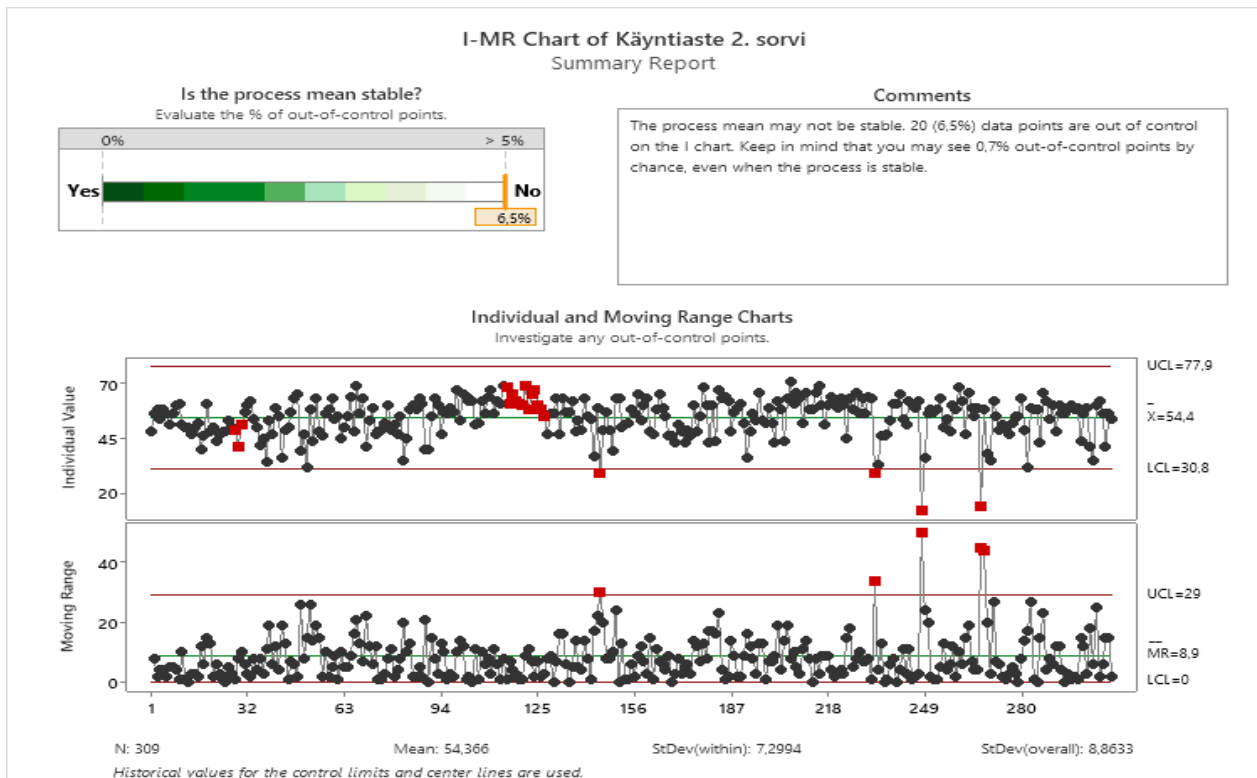
Sorvaus 2 on ohjauskortin ulkopuolelle jääneille datapisteille kirjattu seuraavia häiriöiden syitä. Näitä ovat olleet sähkö- ja automaatiohäiriö, jossa leikkurin terän moottori on hajonnut, mikä on aiheuttanut

sorvauksen pysähtymisen. Lisäksi on ollut raaka-aineen puute, joka on johtunut hautomon täytöstä, koska täyttöä ei ole pystytty tekemään samassa ajassa kuin tyhjennystä virtauksessa olevien ongelmien takia. Lisäksi on ollut datapisteen ilmoittama syy raaka-aineen puute, joka on johtunut kaarella olevan ketjun ajautumisesta pois paikaltaan. Tämä on hautomolinjan mekaaninen vika, joka pysäyttää hautomon täytön. Lisäksi on ollut datapisteen ilmoittama syy pöllipulasta, joka on johtunut porrasannostelijan ja ulkopöydän mekaanisesta viasta. Syynä on ollut porrasannostelijan jäätyminen talvella, mikä on aiheuttanut sen jumittumisen ja rikkoutumisen.

#### **5.4.7 I-mR -kortti sorvaus 2 käyntiaste**

Tässä osiossa analysoidaan sorvaus 2 käyntiasteita vuoden 2021 aikana, jotka on tehty I-mR -ohjauskortilla. Yhden datatiedon kesto on yksi vuorokausi. Kuvion 30 mukaan, prosessi on epävakaata, koska prosessissa havaitaan 20 erityisyyttä, mikä on 6,5 % kaikista mitatuista arvoista ja jotka eivät täytä ohjauskortin raja-arvoja. Prosessin vaihtelussa havaitaan eroja, mikä voidaan todeta kuvion 30 I-kaaviossa olevista pistenumeroista 145, 233, 248 ja 267, jotka jäävät ohjauskortin raja-arvojen ulkopuolella. Kuvion 30 mukaan prosessi voi olla vakaa, vaikka 0,7 % havainnoista olisikin erityisyyttä. Kuvion 30 mukaan nämä ovat prosessissa olevia siirtymiä. Ne näkyvät datapisteinä 28–30 ja 115–127. Nämä pisteet muodostavatkin suurimman syyn esiintyvään vaihteluun, joka ohjauskortin mukaan johtuu tyypillisesti eri vuorojen, kysynnän suhdanteesta tai muusta toiminnan eri syistä. Kuvion 30 mukaan nämä on tulkittava siirtymiksi, jotka johtuvat eri vuorojen vaihdoista tai muusta erityisestä syystä. Kuvion 30 mukaan prosessissa on 5 kpl mR datapistettä, joiden vaihtelu on yli UCL rajan. Datapisteet ovat 145, 233, 248, 267 ja 268. Näille pisteille on merkittävän tärkeää löytää syy, jotta vaihtelua voidaan prosessissa alentaa ja virtausta parantaa.

Sorvaus 2 on ohjauskortin ulkopuolelle jääneille datapisteille kirjattu seuraavia häiriöiden syitä. Näitä ovat olleet sähkö- ja automaatiohäiriö, jossa leikkurin terän moottori on hajonnut, mikä on aiheuttanut sorvauksen pysähtymisen. Lisäksi on ollut raaka-aineen puute, joka on johtunut hautomon täytöstä koska täyttöä ei ole pystytty tekemään samassa ajassa kuin tyhjennystä virtauksessa olevien ongelmien takia. Lisäksi on ollut datapisteen ilmoittama syy raaka-aineen puute, joka on johtunut kaarella olevan ketjun ajautumisesta pois paikaltaan. Tämä on hautomolinjan mekaaninen vika, joka pysäyttää hautomon täytön



KUVIO 30. I-mR -kortti sorvaus 2 käyntiaste

## 5.5 Kaikki tutkimusalueet yhdessä

Tarkastelen tässä osiossa analyysien tutkimustuloksia, jotka ovat eriteltynä omille tutkimuskohteille. Taulukoista voidaan havaita samoilla analyyseilla tehtyjä tuloksia, jotka sijaitsevat eri tutkimusalueilla. Tarkoituksena on vertailla tuloksia ja analyysien eroavaisuuksia. Näistä voidaan tehdä havaintoja ja päätelmiä, miten koko prosessi suoriutuu sen eri osissa.

### 5.5.1 Graphical Summary

Graphical Summary kappaleet, jotka näkyvät taulukossa 4, havaitaan sorvi 1:tä koskeva tulos, joka läpäisee normaalijakauman, eli sen P-value arvo on suurempi kuin 0,05. Kuorimo ja sorvaus 2 eivät läpäise normaalijakauman testiä, vaikka niiden datatiedoista on poistettu alitukseen johtaneita datatietoja. Kuorimon kappaleita koskevassa virtauksessa on taulukon 4 mukaan merkittävästi suurempi keskihajonta, kuin esim. sorvaukseen menevässä virtauksessa. Kuorimon käyntiaste on huomattavasti korkeampi kuin

sorvauksessa olevat käyntiasteet. Tämä tarkoittaa että, kuorimon koneiden kapasiteetti on korkeampi, koska sorvauksessa on käytössä kaksi sorvia, jotka jakavat sorvaukseen tulevan pöllien virtauksen. Kuorimon häiriöttömällä toiminnalla on suurempi merkitys koko prosessin onnistumiselle, koska kuorimossa esiintyvät häiriöt pysäyttävät tukkien virtauksen ja pitkittyessä myös sorvauksen. Käyntiasteiden keskihajonta on kaikilla tarkastelualueilla melkein sama taulukon 4 mukaan.

TAULUKKO 4. Graphical Summary

<b>Graphical Summary kpl</b>	<b>Kuorimo</b>	<b>Hautomo</b>	<b>1 sorvi</b>	<b>2 sorvi</b>
Datapisteitä	309	12 taskua	304	308
Normaalitesti P-value > 0,05	0,006		0,053	0,014
Keskiarvo	5681	13,67 h	1960	3572
Keskihajonta	795	3,4	415	643
<b>Graphical Summary käyntiaste</b>				
Datapisteitä	309		304	305
Normaalitesti P-value > 0,05	0,005		0,027	0,005
Keskiarvo	75,1		45,9	54,8
Keskihajonta	9,2		9,5	7,9

### 5.5.2 Kyvykkyysanalyysi

Taulukosta 5 voimme todeta, että tuotantotavoitteeksi on laitettu kuorimolle ja sorvaukselle 6200 kpl vuorokaudessa, mihin tutkimusalueet 1 ja 3 eivät pääse. Kuorimon toiminta-alueen virheiden mahdollisuus on taulukon 5 mukaan, 4,82 % ja sorvauksen 6,64 %, eikä kumpikaan saavuta asetettua tavoitetta. Sorvauksessa esiintyy analyysien perusteella enemmän häiriöitä ja pysäytyksiä kuin kuorinnassa. Pitkän aikavälin kyvykkyyttä kuvaava arvo  $P_{pk}$  on kuorimossa 0,55 ja sorvauksessa 0,50. Lisäksi voidaan todeta Z-actual arvojen olevan kuorimolla 1,66 ja sorvauksessa 1,50. Z-potential arvo on kuorimossa 2,15, mikä on suurempi kuin sorvauksessa olevan 2,03 arvo. 6 sigmaa on prosessin paras mahdollinen arvo sen kyvykkyydestä ja laadusta.

TAULUKKO 5. Kyvykkyysanalyysi

<b>Kyvykkyysanalyysi</b>	<b>Kuorimo</b>	<b>Hautomo</b>	<b>Sorvaus</b>
Keskiarvo	5659		5493
Tavoite	6200		6200
LCL	4200		4200
UCL	8200		8200
Defect rate	4,82 %		6,64 %
P <sub>pk</sub>	0,55		0,50
Z potential	2,15		2,03
Z actual	1,66		1,50
C <sub>p</sub>	1,18		1,05
C <sub>pk</sub>	0,72		0,68
Normaalitesti P-value > 0,05	0,005		0,010

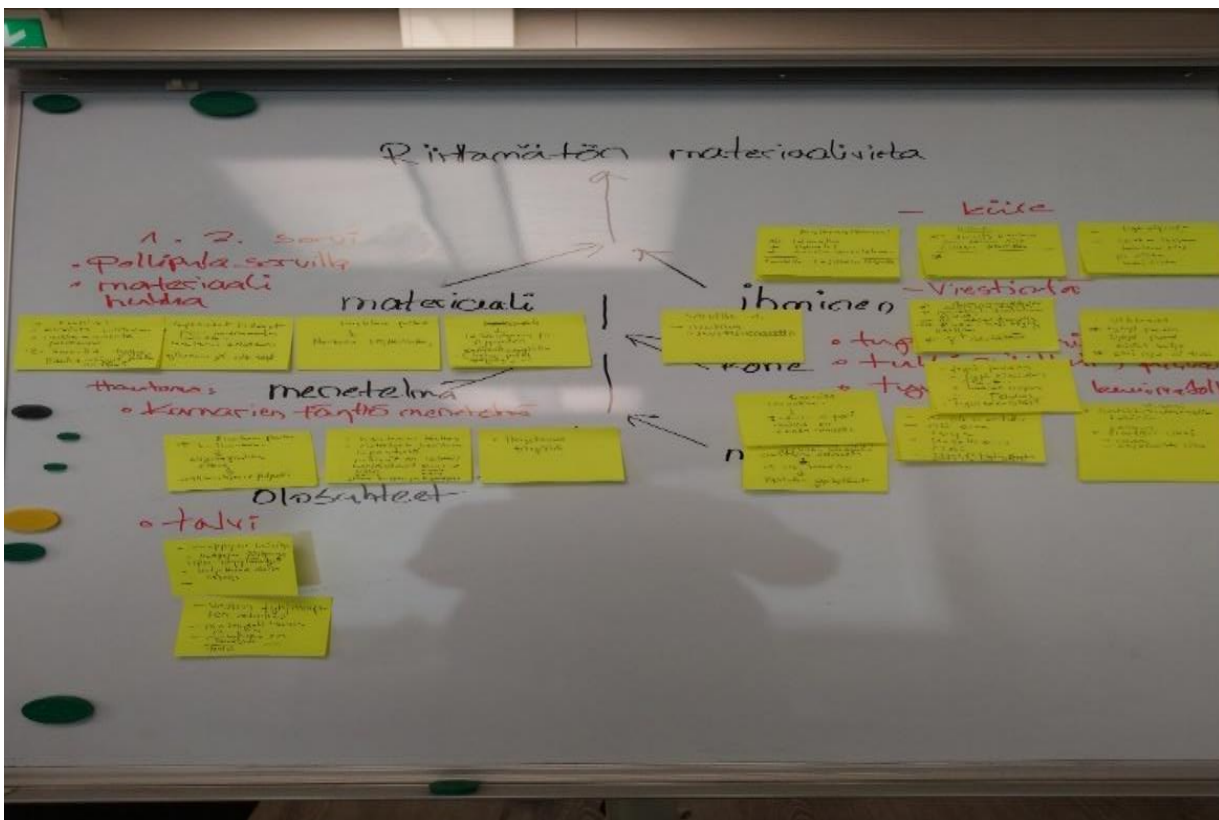
### 5.5.3 Juurisyyanalyysi

Analyysien perusteella kuorimon ongelmien ratkaisemisella olisi paras mahdollisuus vaikuttaa prosessin parantamiseen. Tämän seurauksena juurisyyanalyysiin laitettiin otsikoksi riittämätön materiaali-virta. Kuorimon Pareto-analyysissä on isoimpana häiriönä taulukon 6. mukaan ”sahalla ruuhka,” jonka kolme alasyitä ovat ”tyvi jumissa kumimatolla, tuplat kumimatolla ja tukki poikittain annostelussa”. Halusimme selvittää näillä syillä olevia ongelmia tarkemmin juurisyyanalyysissä kalanruoto-kaavion avulla, koska analyysien perusteella kuorimon ruuhkien ratkaisemisella olisi paras mahdollisuus vaikuttaa prosessin parantamiseen.

TAULUKKO 6. Pareto-analyysi

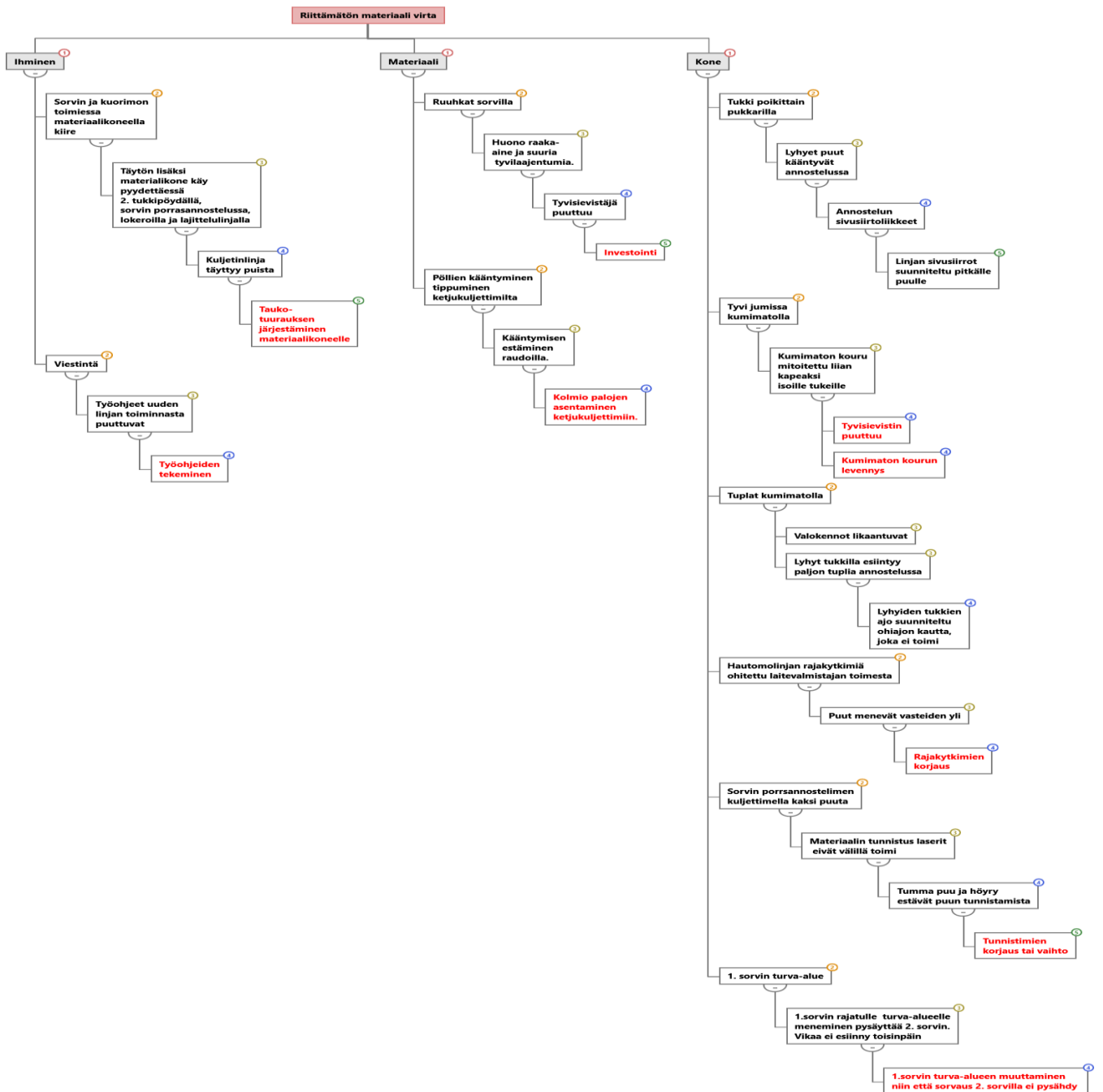
<b>Pareto-analyysi</b>	<b>Kuorimo</b>	<b>Hautomo</b>	<b>Sorvaus 1</b>	<b>Sorvaus 2</b>
1. syy	Sahalla ruuhka	Hautomon täyttö	Raaka-aineen puute, pöllipula	Raaka-aineen puute
2. syy	Hautomo täynnä	Porrasannostelija ei toimi	Ei operaattoria	Ei operaattoria
3. syy	Mekaaninen ja hydraulinen häiriö	Vesien tyhjennyksen odotus	Siivous-huolto	Terän vaihto
4. syy	Ruuhka, tukos	Porrasannostelijan mekaaninen vika	Ruuhka	Sähkö- ja automaatiohäiriö

Juurisyyanalyysin pääongelmaksi laitettiin tehtyjen analyysien perusteella riittämätön materiaalivirta. Analyysin tekemisessä oli ensin ideointivaihe, jonka jälkeen oli analysointivaihe. Juurisyyanalyysiin osallistuivat Quant Serviceltä toimihenkilö, urakoitsijan operaattori, sorvauksen operaattori ja tukin-syötön operaattori. Minun lisäksi mukana oli myös tehtaan kehitysinsinööri, joka on opinnäytetyöni ohjaaja. Juurisyyanalyysin tulokset kirjataan toimeksiantajan OMS järjestelmään, jossa se on nähtävillä ja siihen pystytään tekemään myös mahdolliset korjauspyynnöt.



KUVA 9. Toteutettu juurisyyanalyysi

Kuvasta 9 voimme nähdä yleiskuvan ongelmanratkaisun tekemisestä, jossa on juurisyyanalyysin toteutuksessa tehtyjen ideoiden ja Pareto-analyysin perusteella ilmenevien ongelmien syitä. Sama voidaan nähdä kuviossa 31, missä tulokset on kirjattu ylös selkeämmin. Juurisyyanalyysin ideointivaiheessa keräsimme riittämättömään materiaalivirtaan liittyviä aiheita ja syitä, jotka koskivat kuorintaa, haudontaa ja sorvausta. Pareto-analyysin perusteella kuorimossa esiintyvillä häiriöillä on prosessin kannalta merkittävin vaikutus prosessin toimintaan.



KUVIO 31. Juurisyysanalyysi

Juurisyysanalyysin tuloksien perusteella esitetään virtauksen parantamista koskevia toimenpiteitä. Nämä aiheet ovat syntyneet ideoina juurianalyysin aikana. Kaikkia ideoita ei ole mahdollista toteuttaa. Toteutettaviin ideoihin vaikuttavat turvallisuus, hinta ja realistinen mahdollisuus toteuttaa idea. Ihmisestä johtuvia syitä ja niihin esitettyjä ratkaisuideoita ovat seuraavat asiat:

- Ongelmatilanteet ja niissä toimiminen. Ratkaisuehdotuksena toiminnan ohjausjärjestelmään selkeiden työohjeiden laatiminen pöllikuljettimien toiminnasta ja häiriötilanteiden selvittämisestä.
- Materiaalikoneella jaksottaista kiirettä, joka johtuu linjaston täyttävistä pölleistä ja häiriötilanteista 2. tukkipöydän porrasannostelijalla, uudella lajittelulinjalla, sorvin porrasannostelijalla ja hautomon linjastolla. Ratkaisuehdotuksena tuurauksen järjestäminen materiaalikoneelle ja nosturin käyttöönotto lajittelulinjalla.

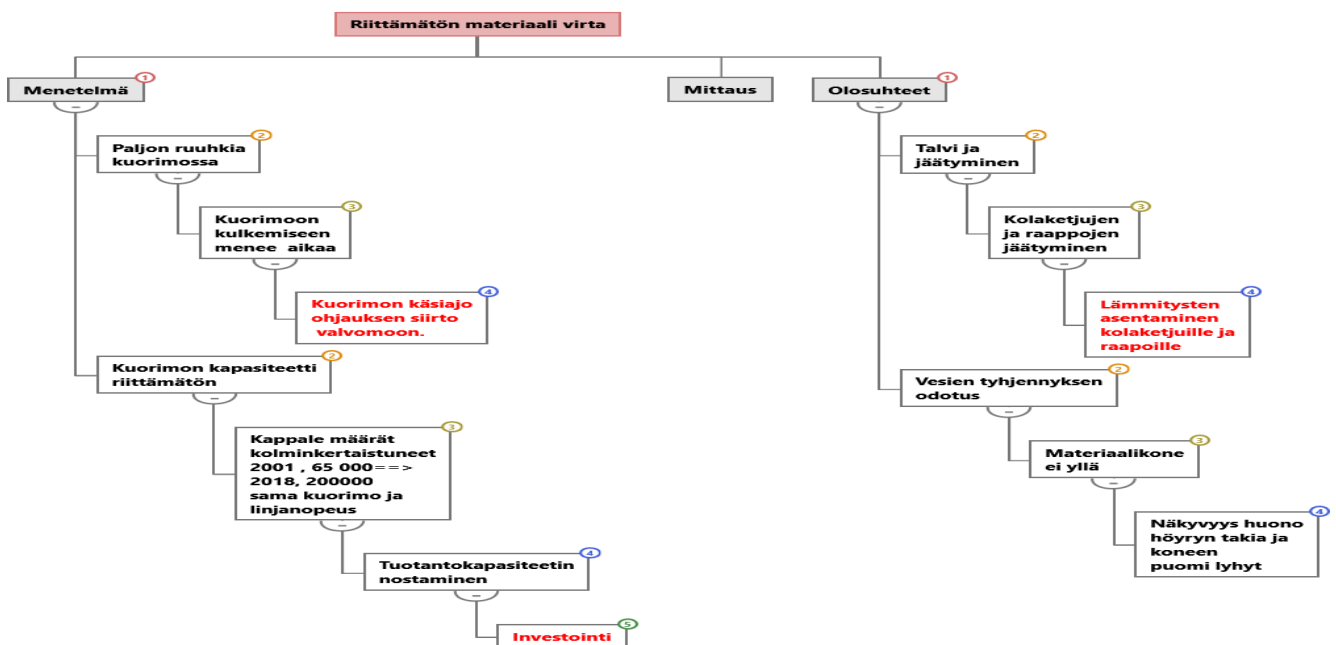
Materiaalista johtuvia syitä ja niihin esitettyjä ratkaisuideoita ovat seuraavat asiat:

- Pöllit tippuvat ja kääntyvät hautomon kuljettimella. Ratkaisuideana kolmiopalojen asentaminen ketjukuljettimeen ehkäisemään pöllien tippumista ja kääntymistä hautomon kuljettimella.
- Ruuhkien esiintyminen sorvilla. Pölleissä on suuria tyvilaajentumia, jotka aiheuttavat ruuhkia. Ratkaisuehdotuksena tyvisievistäjän investointi kuorimoon.

Koneista johtuvia syitä ja niihin esitettyjä ratkaisuideoita ovat seuraavat asiat:

- Tyvi jumissa kumimatolla. Ratkaisuehdotuksena tyvisievistäjän investointi tai katkaisusahan kourun levennys, jolla pystytään parantamaan paksujen tukkien kulkemista linjalla.
- Tukki poikittain kuorimon sivusiirtopukkaajalla. Lyhyet puut kääntyvät erityisesti annostelussa, joka johtuu toiminnan suunnittelusta, jossa alun perin lyhyet tukit olivat suunniteltu menevän ohiajon kautta, joka ei ole käytössä. Tälle ei löydetty ratkaisua.
- Kaksi tukkia yhtä aikaa sahan syöttökuljettimen kumimatolla. Synä useimmiten valokennot ja lyhyet tukit. Lyhyiden tukkien ajo suunniteltu ohiajon kautta, joka ei ole käytössä. Ratkaisuehdotuksena sivusiirron annostelun ja valokennojen parantaminen ja suunnittelu.
- Tuplasyöttö sorvin porrasannostelussa. Myös hautomosta tuleva höyry haittaa kennojen pöllin tunnistamista. Ratkaisuehdotuksena sorville syöttävän porrasannostelijan materiaalikennojen vaihto, niin että kennot erottavat paremmin tumman puun.

- Pöllien kulkeminen hautomolinjalla. Hautomoon ohjautuvalla kolakuljettimella ja sen vasteiden rajakytkimille on tehty ohituksia, jotka vaikeuttavat pöllien automaattiajoa. Rajakytkimien ohitusten seurauksena pöllit kulkeutuvat vasteiden yli, mikä aiheuttaa häiriötilanteita linjalla. Ratkaisuehdotuksena asian vakavuuden selvittäminen ja rajakytkimien korjaus.
- 2 sorvin pysähtyminen. 1 sorvin turva-alueen muuttaminen niin, että 2 sorvi ei pysähdy, kun 1 sorvilla on huoltoa. Tämä toimii 1 sorvilla, mutta ei 2 sorvilla. Ratkaisuehdotuksena 1 sorvin turva-alueen muuttaminen niin, että se ei pysäytä 2 sorvia. Muutoksessa huomioitava turvallisuus.



KUVIO 32. Juurisyynanalyysi

Menetelmästä johtuva syy ja siihen esitetty ratkaisuidea:

- Häiriöihin kuittauksiin kuluva aika. Useisiin häiriötilanteisiin ja operaattorin siirtymiseen valvomosta kuorimoon menee aikaa, koska valvomossa on ainoastaan käynnistystä koskevat automaattiohjaukset. Ratkaisuehdotuksena on tärkeimpien kuorimon käsiajo-ohjausten siirto valvomoon niin, että osa häiriöistä voidaan ratkaista valvomosta käsin, mikä vähentää häiriöihin kuluva aikaa. Kuorimon ohjaimien mahdollinen siirto valvomoon ei saa muuttaa prosessin turvallisuutta, jos kuorimon häiriöitä selvitetään kameran välityksellä valvomosta käsin.

Olosuhteista johtuva syy ja siihen esitetty ratkaisuidea:

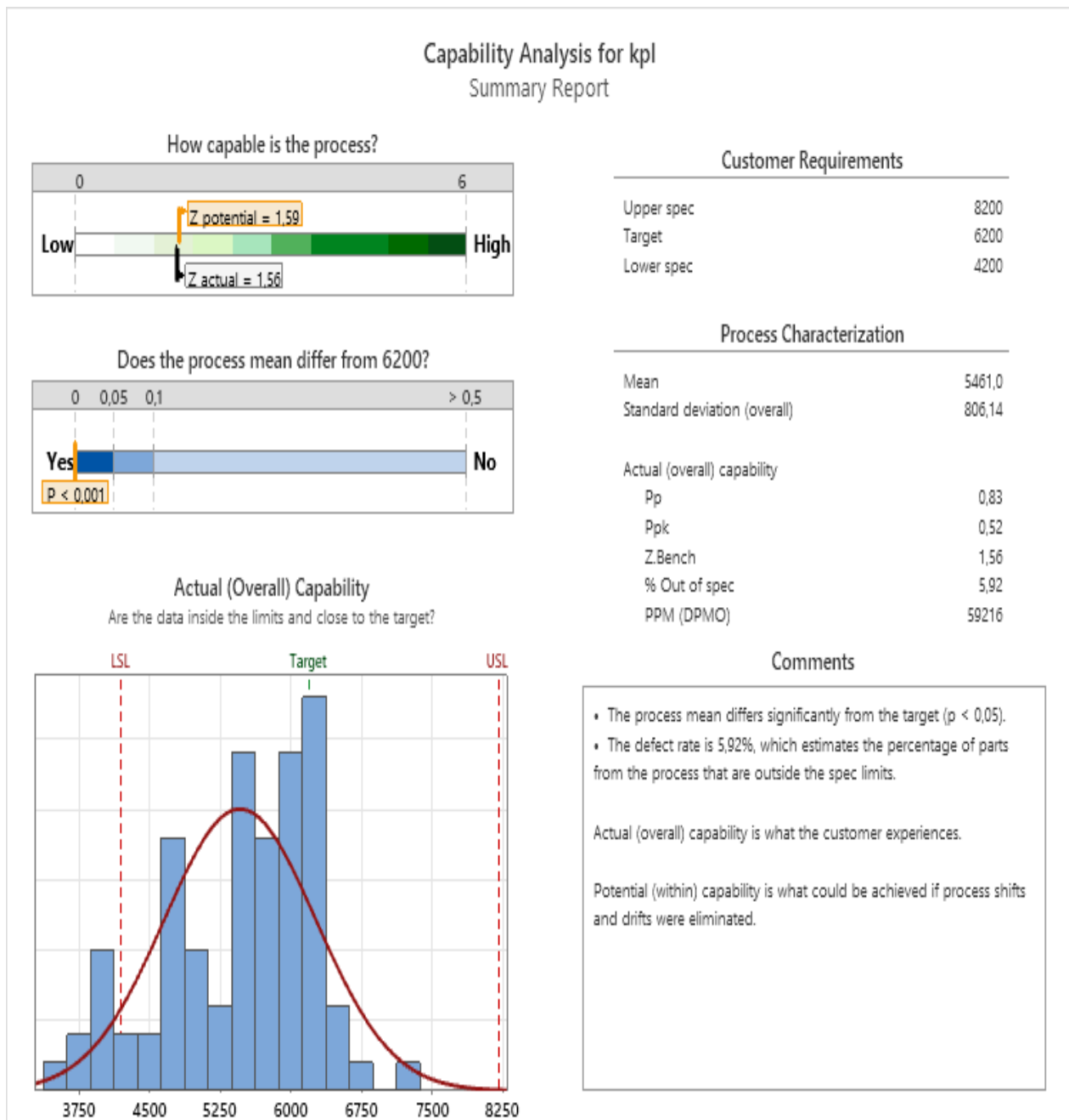
- Olosuhteet, laitteiden jäätyminen talvella. Ratkaisuideana lämmitysten asentamisella ketjukuljettimille, raapoille ja porrasannostelijoille.

#### **5.5.4 Tarkastelujaksolla poistetut viat ja tehdyt korjaukset:**

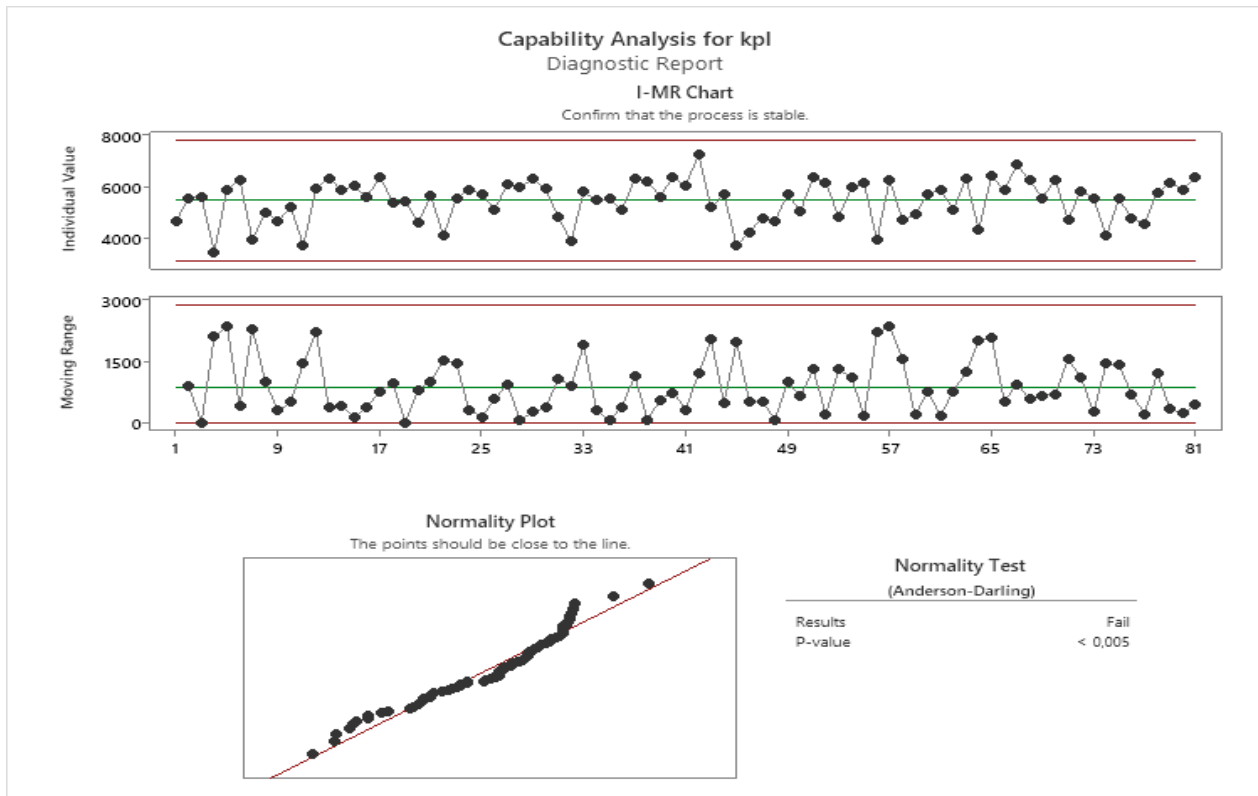
Osalle I-mR -korttien ilmoittamista kohteista on toteutettu ratkaisu ja ongelma on poistettu jo tarkastelujakson aikana tai sen jälkeen. Seuraavassa osiossa on kerrottu mitä vikoja linjalla on esiintynyt, kun ne ovat poistettu tarkastelujakson 1.1.2021-31.12.2021 jälkeen. Korjaavat toimenpiteet on toteuttanut Quant Service. Niiden korjaamisen perusteena on parantaa prosessin kyvykkyyttä ja vähentää siinä esiintyviä häiriöitä.

- Vikana ollut datapisteen ilmoittama syy, joka on ollut sähkö- ja automaatiohäiriö, mikä on aiheuttanut ruuhkia sorvauksen kuljettimilla. Häiriön kohteelle, eli kuljettimien pinkkareille on asennettu paremmat kamerat, jotta ruuhkia on helpompi havaita. Tämä ei poista ruuhkan aiheuttajaa, mutta parantaa mahdollisuutta tunnistaa alkava ruuhka.
- Vikana ollut datapisteen ilmoittama syy pöllipulasta sekä porrasannostelijan ja ulkopöydän mekaanisesta viasta. Syynä on ollut porrasannostelijan jäätyminen, mikä on aiheuttanut sen jumittumisen ja rikkoutumisen. Porrasannostelijalle on asennettu sähkölämmitys, joka on estänyt merkittävästi jäätymisestä johtuvia häiriöitä talvella 2022. Tämä syy on selvitetty ja poistettu.
- Vikana ollut datapisteen ilmoittama syy ”raaka-aineen puute,” joka on johtunut kaarella olevan ketjun ajautumisesta pois paikaltaan. Tämä on hautomolinjan mekaaninen vika, joka pysäyttää hautomon täytön. Kaarikuljettimen ketjuille on asennettu ohjausraudat, jotka estävät kolaketjun menemisen pois paikoiltaan. Syy on selvitetty ja vika poistettu.

Kuvioissa 34 ja 35 nähdään uusi kuorimon kyvykkyysanalyysi, joka sijoittuu tarkastelujaksolle 1.1-31.3.2022, josta voimme todeta miten tehdyt korjaukset ovat vaikuttaneet kuorimon kyvykkyYTEEN. Tavoitteena on 6200 kpl vuorokaudessa. Ylä- ja alarajalle on asetettu toleranssirajaksi  $\pm 2000$  kpl vuorokaudessa, mikä vastaa keskimäärin yhden vuoron kappalemäärää. Asetetut raja-arvot ovat prosessin kannalta kohtuullisia ja tavoiteltavia arvoja.



KUVIO 33. Kuorimon kyvykkyysanalyysi



KUVIO 34. Kuorimon kyvykkyysanalyysi

Vaikka virtaus ei läpäise normaalitestiä, on tämän tarkastelujakson tulosten keskiarvo ja keskihajonta melkein sama kuin aikaisemmassa tarkastelujaksossa. Erona voidaan todeta kuvion 33 mukaan kuorimon virtauksen olevan hallinnassa, koska I-mR -ohjauskortilla ei ole datapisteiden alituksia. Tämä tarkoittaa virtauksen olevan stabiili. Tulosten mukaan virtauksessa on silti havaittavissa kuvioiden 33 ja 34 mukaan kyvykkyysongelma, joka ei ole poistunut tehdyillä korjauksilla. Tehdyillä korjauksilla on iso merkitys, koska ne mainitaan myös kuviossa 30 ja 28 aikaisemmin virtauksessa esiintyneinä häiriöinä. Porrasannostelijan jäätyminen ja kaarikuljettimen kolaketjun kulkeutuminen pois paikaltaan on ollut syynä data pisteen alitukseen 1 ja 2 sorvauksen käyntiasteessa kuvioiden 30 ja 28 mukaan. Nämä kohteet sijaitsevat kuorimon jälkeen olevalla hautomon kuljettimella. Tästä voimme päätellä, että kuorimossa esiintyvät häiriöt vaikuttavat koko prosessin kyvykkyteen suoritua niille asetusta tavoitteista. Kyvykkyysanalyysin  $P_{pk}$  arvo on 0,52, joka on kuvion 33 mukaan lähes sama, kuin aikaisemman kyvykkyysanalyysin kuvion 9 arvo 0,55. Kyvykkyysanalyysin oikeita toleranssirajoja kannattaa miettiä tarkemmin, mikä olisi kohtuullinen hyväksyttävä vaihtelu, jotta prosessin toiminta olisi riittävän hallittua. Toleranssin alarajana on 4200 ja ylärajana 8200. Tavoitteena on 6200, mikä ei ole liian vaativa raja-arvo prosessin kyvykkyydelle. Prosessin virtauksessa todetaan vaihtelun olevat liian merkittävää, mikä laskee prosessin kyvykkyyttä. Tavoitteeksi voidaan asettaa prosessin vaihtelun pienentäminen.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Gemasta saadun datan tulosten perusteella on virtauksen ennustettavuus tärkeää. Taulukon 8 mukaan, kuorimon kyvykkyysanalyysin  $P_{pk}$  arvo on 0,55 ja sorvauksessa 0,50. Kuorimon käyntiaste on kuitenkin korkea, millä on merkittävä vaikutus siihen suorituksen onnistumiseen, jota siltä edellytetään.

On huomattava, että erityisyyvaihtelu ei välttämättä ole sama asia kuin epästabiilisuus, eli sama asia kuin vika tai virhe, joka esiintyy spesifikaatorajojen ulkopuolella. Jos prosessi on suunniteltu ja mitoitettu oikein ja prosessi on kyvykäs ( $C_{pk}$  yli 1), silloin aina erityisyys on sama kuin virhe tai vika. Jos prosessi on kyvytön, eli sen  $C_{pk}$  on alle 1, silloin erityisyys ja satunnaissyyt sekoittuvat toisiinsa. (Karjalainen & Karjalainen 2020, 162.)

Sorveilla kyvykkyyttä kuvaava  $C_{pk}$  on 0,68 ja  $C_p$  arvo on 1,05. Kuorimossa  $C_{pk}$  on 0,72 ja  $C_p$  on 1,18, jotka ovat siis yli 1. Tästä voidaan päätellä, että kuorimossa ja sorvauksessa kyvykkyyttä suoritua 6 200 kpl vuorokaudessa on mahdollista tavoitella ja se on mahdollista saavuttaa, mikäli virtausta huonontavat erityisyyt kyetään poistamaan. Prosessin toiminta ei ole tarpeeksi ennustettava, mikä havaitaan taulukossa 5, että P-valye jää alle 0,05 arvon

Prosessin ennustettavuuden selvittäminen on erittäin tärkeää, jotta pystytään tekemään päätöksiä ja havaitsemaan merkittävää vaihtelua, mikä jaetaan stabiiliin vaihteluun ja epästabiiliin vaihteluun (Piirainen 2014, 50).

Sorvauksessa kuluu Pareto-analyysin ja käyntiasteiden perusteella materiaalin odottamiseen. Tämä voidaan todeta sorvauksen juurisyyanalyysin, Pareto-analyysin ja I-mR -kortin alitusten perusteella. I-mR -kortin alituksen syynä on ollut pöllipula, joka on johtunut kamarien täytöstä. Kuorimosta tulevat puut eivät tule haudontaan, joka aiheuttaa sorvauksen keskeytymisen, jos täyttöä ei pystytä tekemään samassa ajassa. Haudonnan täyttö ja tyhjennys tapahtuvat prosessissa samanaikaisesti.

Tarkastelujakson aikana oli tehty korjauksia, jotka koskevat sorvausta. Sorvauksen kuljettimien pinkkareille oli asennettu paremmat kamerat. Sorvauksen porrasannostelijalle oli asennettu sähkölämmitys, joka oli estänyt merkittävästi jäätymisestä johtuvia häiriöitä talvella 2022. Lisäksi hautomolinjan kaarikuljettimen ketjuille oli asennettu ohjausraudat, jotka estävät kolaketjun menemisen pois paikoiltaan.

Näillä parannuksilla ei ole ollut kuvioiden 33 ja 34 kyvykkyysanalyysien mukaan, sorvauksen virtaukseen parantavaa vaikutusta. Tästä voidaan päätellä, että kuorimon ja haudonnan ongelmien ratkaisemisella on merkittävä vaikutus sorvauksen kyvykkyyteen ja kapasiteetin käyttöön.

Kuorimossa on suurin prosentuaalinen osuus ohjauksen rajojen ulkopuolelle jäävistä datatiedoista, joka on kappaleista 8,7 % ja käyntiaikasta 12,9 %, jotka näkyvät kuvioissa 13 ja 14. Tämä tarkoittaa, että prosessissa oleva virtaus ei ole stabiili. Tämä vaikuttaa kuorimon kyvykkyyteen suoriutua sille asetetusta tavoitteesta. Tarkastelujakson aikana sahan katkaisussa on häiriöitä taulukon 1 mukaan 1 907 kpl ja 306 tuntia, joka on 12,8 vuorokautta. Josta voidaan päätellä, että pelkästään tämän kohteen parantamisella on merkittävä vaikutus tukkien virtaukseen. Sahan katkaisussa esiintyvät häiriöt johtuvat juuri-analyysin perusteella suunnitteluvirheestä. Lyhyiden tukkien ajo oli alun perin suunniteltu tapahtuvan ns. ohiajon kautta, joka ei ole linjan huonon toimivuuden takia käytössä. Sahan katkaisu alueelle kohdistuu myös kaksi I-mR -kortin alitukseen liittyvää virhettä, jossa murskain on mennyt tukkoon, johtuen kahden puun kulkeutumisesta katkaisuun. Tässä häiriössä on selkeä syy seuraussuhde kahden puun ohjautumisella katkaisuun samanaikaisesti, mikä aiheuttaa suurien kappaleiden kulkeutumisen murskaan. Kun katkaisu on toteutettu automaattisena valvomo-ohjauksena, on kahden puun kulkeutuminen katkaisuun samanaikaisesti vaikeaa hallita.

Toinen I-mR -kortin tunnistetuista häiriöistä on ”mekaaninen tai hydraulinen häiriö”, jossa kuorimolla on ollut sahan korjaus sivusiirtopukkaajalla. Sama kohde mainitaan myös juurisyyanalyysissä, missä todetaan lyhyiden puiden kääntyvän erityisesti annostelussa, joka johtuu toiminnan suunnittelusta, jossa alun perin lyhyet tukit olivat suunniteltu menevän ohiajon kautta, joka ei ole käytössä.

Kuorimossa esiintyvä ”sahan katkaisu ruuhka” vikaantuminen todetaan eri analyyseissa, kuten Pareto-analyysissä (kuvio 13), I-mR -kortissa ja juurisyyanalyysissä (kuvio 32 ja 33), josta voidaan päätellä että tämän kohteen korjaamisella ja parantamisella on merkittävä vaikutus kuorimon tukkien virtaukseen.

## 6.1 Prosessin ohjaus

Kun prosessi on saatettu parannuksilla kyvykkäämmäksi, jonka  $C_p$  on yli 2 ja  $C_{pk}$  yli 1,5 ja prosessi on stabiloitu, voidaan siirtyä ennaltaehkäisyyn eli ennakoivaan ohjaukseen. Tämän voi asettaa tavoitteeksi jokaiselle prosessin ohjaukselle (Karjalainen 2020, 312.)

Koska kuorimon virtaukseen vaikuttava  $C_{pk}$  0,72 arvo jää alle 1,5, taulukon 6 mukaan, voidaan päätellä kyvykkyyden olevan syy kuorimon vaihteluun. Tämä johtuu Pareto-analyysin (taulukon 7.) mukaan sahan katkaisussa olevista ”sahalla ruuhka häiriöstä”. Tämän ratkaisemiseksi on investoitava uusi kuljetin, joka on suunniteltu paremmin lyhyen tukin ajoin. Päätelmiä tukee juurisyyanalyysin tulokset, jossa katkaisun sahan merkittävimmistä häiriöistä ”sahalla ruuhka” ei voida ratkaista, koska lyhyiden tukkien alkuperäinen ohjaus on suunniteltu tapahtuvaksi ohiajon linjan kautta, joka ei ole käytössä. Voidaan päätellä, että sahalla aiheutuvat ruuhkat johtuvat tästä syystä. On ratkaistava kuorimon kyvykkyysongelma ennen kuin voidaan merkittävästi tutkia muuta virtauksessa esiintyvää vaihtelua. Tällä on merkittävä vaikutus virtaukseen ja hautomon täyttöön. Koska hautomon täyttö ja tyhjennys tapahtuu samanaikaisesti, vaikuttaa se merkittävästi myös sorvauksien käyntiasteisiin. Kuorimon virtauksessa oleva vaihtelu johtuu kuorimon häiriöistä ja näin ollen virtaus ei ole siksi tulosten perusteella ennustettavissa, mikä todetaan kuorimon ja sorvausten kappaleiden normaalijakauman kuvioissa 7, 16 ja 18.

### 6.1.1 Ohjaa ja muuta prosessia

Prosessin ollessa epästabiili, on eri toimenpiteiden tarkoituksena keskittää tutkimus vaihtelun pienentämiseen ja sen selvittämiseen mistä mahdollinen epästabiilisuus johtuu (Piirainen 2014, 133).

Useimmat häiriöt ovat mekaanisia tai hydraulisia häiriöitä. Näiden häiriöiden ratkaisulla, muuttamisella tai korjaamisella on myös merkittävä vaikutus parempaan puiden virtaukseen ja koko prosessin ennustettavuuteen. Vaikka epästabiilisuus johtuu I-mR -ohjauskorttien, juurisyyanalyysin ja Pareto-analyysin tuloksien perusteella kuorimon häiriöistä, ehdotan prosessin virtauksen toiminnan parantamiseen juurisyyanalyysin perusteella seuraavia asioita ja muutoksia, jotka voidaan toteuttaa ennen investointia tai sen jälkeen.

- Ongelmatilanteet ja niissä toimiminen. Ratkaisuehdotuksena on selkeiden työohjeiden laatiminen toiminnanohjausjärjestelmään pöllikuljettimien toiminnasta ja häiriötilanteiden selvittämisestä. Tämä on tärkeää turvallisuuden ja yhtenäisemmän toimintatapojen parantamiseksi.
- Pöllit tippuvat ja kääntyvät hautomon kuljettimella. Ratkaisuehdotuksena on kolmiopalojen asentaminen ketjukuljettimeen ehkäisemään pöllien tippumista ja kääntymistä hautomon kuljettimella. Tämä on mahdollista toteuttaa kohtuullisilla kustannuksilla. Jos tällä idealla pystytään

parantamaan pölliin sujuvaa kulkeutumista linjastolla, on sillä parantava vaikutus pölliin virtaukseen.

- Tuplasyöttö sorvin porrasannostelussa, mikä johtuu hautomosta tulevasta höyrystä, mikä vaikeuttaa pölliin tunnistamista. Ratkaisuehdotuksena on sorville syöttävän porrasannostelijan materiaalien vaihtaminen, niin että kennot erottavat paremmin tumman puun.
- Pölliin kulkeminen hautomolinjalla. Hautomoon ohjautuvalla kolakuljettimella ja sen vasteiden rajakytkimille on tehty ohituksia, jotka vaikeuttavat pölliin automaatti ajoa. Rajakytkimien ohitusten seurauksena pölliit kulkeutuvat vasteiden yli, mikä aiheuttaa häiriötilanteita linjalla. Tämän ratkaiseminen on erityisen tärkeää, jotta linja toimii niin kuin sen on tarkoitus toimia. Ratkaisuehdotuksena asian vakavuuden selvittäminen ja korjaus.

Ensisijaisena tavoitteena on prosessin stabilisointi, jossa kuorimon ”sahalla ruuhka” häiriölle tehdään korjaavat toimenpiteet. Korjaavat toimenpiteet voidaan toteuttaa ja huomioida uuden investoinnin yhteydessä. Näillä muutoksilla voidaan merkittävästi parantaa ja tavoitella parempaa prosessin virtausta. Hyväksytyt korjausehdotukset kirjataan ylös OMS toiminnanohjausjärjestelmään, jossa niille määritellään vastuhenkilö ja suunnitelma niiden toteuttamisesta. Lisäksi ehdotan kuorimon virtauksen uutta mittausta ja analysointia kuorimon korjausinvestoinnin jälkeen. Kun kuorimossa oleva ”sahalla ruuhka” häiriö saadaan korjattua mahdollisella laiteinvestoinnilla, on tärkeää mitata uudestaan kuorimon virtauksen kyvykkyyttä ja suoriutumista sille asetusta tavoitteesta.

## 7 POHDINTA JA PÄÄTELMÄT

Tutkimustulosten luotettavuudessa on huomioitava pitkä mittausjakso, joka ei näytä jaksolla olevia lyhytkestoisia häiriöitä. Ne ongelmat, jotka ovat kestoltaan olleet alle 5 minuuttia, eivät kirjaudu tarkastelujaksoon. Päiväkohtainen analysointi ohjauskorteilla ei myöskään anna kokonaiskuvaa ohjauskortin datan alituksiin johtaneista lyhytkestoisista syistä. Siksi pitkä tarkastelujakso ilmoittaa isoimpien ja merkittävimpien ongelmien syyt, jotka vaikuttavat virtaukseen. Vaihtelun hallinnan kannalta olisi tärkeää pohtia millaista vaihtelua tulevaisuudessa sallitaan ja mihin halutaan asettaa kyvykkyyttä mittaava tavoite. Mielestäni 4200 kpl vuorokaudessa on sopiva kyvykkyydelle asetettu alaraja.

Hautomon Pareto-analyysin tulosten luotettavuutta on tarkasteltava kriittisesti, koska ne on kirjattu sorvaus operaattorin toimesta. Hautomon Pareto-analyysi on tehty sorvaus 2 saatavista tiedoista, jossa sen ensimmäisellä syyllä olevan pöllipula on kohdistettu hautomoon. Pöllipulan toisessa syyssä selitetään mistä pöllipula on johtunut, joista on tehty hautomon Pareto-analyysi. Tästä syystä hautomon analyysin luotettavuuteen on suhtauduttava kriittisesti.

Tarkastelujakson parannusehdotuksetkin ovat isoja, koska tarkastelujakson tutkintatapa keskittyy isoihin ja pitkäkestoisiin häiriöihin. Tällä on iso ja merkittävä vaikutus tutkimustapaan. Sen tavoitteena on etsiä ne keskeisimmät syyt, jotka vaikuttavat virtaukseen. Tutkimustulosten luotettavuus perustuu saatuun datan oikein kirjaamiseen, jossa on huomioitava inhimillisen virheen mahdollisuus. Tarkastelujakson datan aineisto on laaja ja pitkäkestoinen, joten tutkimustuloksia on tarkasteltava kriittisesti. Olen mielestäni löytänyt tutkimuksessani keskeisimpiä virtaukseen vaikuttavia syitä ja saanut niistä tehtyä parannusehdotuksia, joilla virtausta voidaan parantaa. Huomioitavaa on mielestäni virtauksen ongelmien johtuminen kuorimon kapasiteetin ongelmasta. Tämä kapasiteettiongelma johtuu prosessin ongelmista kuorimossa. Tehdyn investoinnin jälkeen on mielestäni tärkeää suorittaa prosessissa jatkotutkimuksia tukkien virtauksesta ja kyvykkyydestä suoriutua asetetuista tavoitteista.

Tämän kokonaisuuden tutkiminen on ollut haastavaa, koska tutkimusalue on laaja. Oleellisinta on ollut ratkaisujen ja ideoiden löytäminen niihin ongelmiin, jota virtauksessa esiintyy. Tämä osa tutkimuksessani on ollut mielestäni mielekkäintä. Tiedonkeruujärjestelmästä kerättyyn dataan perustuva tutkiminen on ollut mielenkiintoista.

## LÄHTEET

Centria.2021. Prosessien kehittäminen Lean & Six Sigma koulutusmateriaali Centria-ammattikorkeakoulu. Kirjoittajan nimellä Sakari Kinnunen

Kareli.2022. Lean Six Sigma yellow belt kevät 2022 koulutusmateriaali Karelia-ammattikorkeakoulu. Kirjoittajan nimellä Jari Uimonen

Karjalainen, E.E & Karjalainen, T. 2020. *Lean Six Sigma 2.0 ja laatuteknologia* Hollola. 1. painos. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.

Karjalainen, T.& Karjalainen, E.E. 2002. *Six Sigma: Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä.* Hollola: Kirjakustannus Quality Knowhow Karjalainen Oy.

Minitab ohjelma. <https://www.minitab.com/en-us/>

Piirainen, A. 2014. *Vaihtelu / Antti Piirainen.* Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.