

Tiina Horto

Liitteiden vaikutus reprint-prosenttiin ja MTTF:ään

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinööriytyö

12.10.2012

Tekijä Otsikko	Tiina Horto Liitteiden vaikutus reprint-prosenttiin ja MTTF:ään
Sivumäärä Aika	43 sivua + 9 liitettä 12.10.2012
Tutkinto	Koneinsinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Tuotantopäällikkö Jussi Broberg Lehtori Markku Saarnio
<p>Tämä insinööryö laadittiin Strålfors Oy:lle. Tämä insinööryö on jatkoa vuoden 2011 syksyllä valmistuneelle Six Sigma Black Belt -projektille, jossa tarkasteltiin tuotannon hukka-prosenttia kokonaisvaltaisesti.</p> <p>Strålfors Oy on IT-painoitteinen Business-to-Business –yritys, joka tarjoaa asiakkailleen kokonaisratkaisuja tiedonvälitykseen. Vantaalla toimivassa tuotantolaitoksessa asiakkaalta saatavat tiedot tulostetaan paperille, ja tarpeen vaatiessa kuoritetaan. Tuotanto jakaantuu arkkitulostukseen ja -kuoritukseen sekä jatkolomaketulostukseen ja -kuoritukseen.</p> <p>Suurimmat kuoritusvolyymit ovat jatkolomakekuorituksessa. Aikaisemman projektin perusteella eniten hukkaa aiheutui jatkolomakekuorituskoneella ajettavista liitteellisistä töistä ja nimenomaan ■■■■■-vaiheista. Tämän insinööryön tarkoituksena oli löytää merkittävimmät tekijät, jotka vaikuttavat hukan syntyyn liitteellisissä töissä.</p> <p>■■■■■ liitteellisistä ■■■■■-vaiheista kerättiin kevään ja kesän mittaan dataa analysoitavaksi. Data-analyysin ja koesuunnittelun jälkeen tunnistettiin merkittävimmät hukan aiheuttajat.</p> <p>Projektin jälkeen tekijät tunnistettiin. Näitä olivat liiteaseman kynnen korkeus ja parametrisäätöihin tehtävä määrittely liitteen todellisesta loppusijoituspaikasta. Tavoite lähestulkoon saavutettiin, mutta suuria muutoksia tuotannossa ei projektin perusteella kuitenkaan tehty.</p>	
Avainsanat	Reprint-%, MTTF, SRM, liitteistys

Author Title	Tiina Horto Effect of the Enclosure to the Reprint-Percent and MTTF
Number of Pages Date	43 pages + 9 appendices 12 October 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Specialisation option	Production Engineering
Instructors	Jussi Broberg, Production Manager Markku Saarnio, Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Strålfors Oy. This thesis is a follow-up of the Six Sigma Black Belt Project, which was carried out in fall 2011. The objective of this Bachelor's thesis was to examine and analyze the overall production loss at Strålfors Oy's production plant.</p> <p>Strålfors Oy is an ICT - oriented business to business company, which offers overall solutions in distributing information. In general, the information from clients is printed on paper and inserted into envelopes, if needed. The production plant of Strålfors Oy is based in Vantaa. The production of the plant is divided into cut sheet printing and -inserting and continuous printing and -inserting.</p> <p>The highest inserting volumes are in the continuous inserting section. The most significant result that was found out from the previous project was that the jobs with enclosures made more waste than others, especially in ██████-jobs. With this Bachelor's thesis we wanted to find out the major reasons or factors in the enclosure unit that cause the most waste.</p> <p>The data from ██████'s enclosed jobs were collected and analyzed during the spring and summer. After the data-analysis and factorial design we were able to identify the most significant causes of waste.</p> <p>As a result, it was found that the most significant factors were the height of the enclosure unit's gate inset finger and selecting the determination where the enclosure ends up to after the error of enclosure unit was made in the parametric settings. The target was almost reached after the project, but no major changes were made in the production.</p>	
Keywords	Reprint-%, MTTF, SRM, enclosure

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Määritelmät	2
3	Projektin valinta ja tavoitteet	4
3.1	Asiakasvaatimukset	4
3.2	Ongelman kuvaus	4
3.3	Projektin tavoitteet	5
3.4	Liiketoimintavaikutus	5
3.5	Projektin strategia	6
3.6	Ensisijaiset mittarit	6
4	Prosessin räjäytys	8
4.1	Kalanruoto (Ishikawa-diagram)	8
4.2	Prosessikartta	8
4.3	XY-matriisi	9
4.4	FMEA	9
5	Vastemuuttuja	10
6	Mittaussysteemin analysointi	11
6.1	Mittaussysteemin kuvaus	11
6.2	GageR&R tutkimus	12
6.3	Päätelmät	13
7	Prosessin kuvaus	14
7.1	Alustava prosessin suorituskyky	14
7.2	Hajontojen analysointi	18
8	Todennäköisten x:ien tunnistaminen	20
8.1	Todennäköisten X:ien analysointia	20
8.1.1	Kynsien korkeus	22
8.1.2	Parametrisäädöt, kuitatun liitteen meno check-biniin / ulostulohihnalle	24
8.1.3	Muiden tekijöiden analyysit	26
8.1.4	GLM ████████-liitteen sisältämiin ajoihin	26
8.2	Päätelmät	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

9 Koesuunnittelu	29
9.1 DOE-suunnitelma	29
9.2 DOE:n tulokset	31
9.3 Päätelmät	34
10 Parannustoimenpiteet	35
11 Ohjaussuunnitelma	38
12 Loppupäätelmät	39
12.1 Saavutukset ja taloudelliset tulokset	39
12.2 Opitut asiat ja suositukset	41
12.3 Loppukommentit ja tulevaisuuden suunnitelmat	41
Lähdeluettelo	43
Liitteet	
Liite 1 DMAIC-projektin määrittely	
Liite 2 Projektinvalintamatriisi	
Liite 3 Kalanruotokaavio	
Liite 4 SIPOC-kuva	
Liite 5 Prosessikuvaus	
Liite 6 XY-matriisi ja -kuvaaja	
Liite 7 FMEA-matriisi ja -kuvaaja	
Liite 8 Analyysivaiheen muut tutkitut tekijät	
Liite 9 DOE, Pareto-kuvaajat	

1 Johdanto

Strålfors Oy on osa PostNord AB:n omistamaa Strålfors-konsernia. Graafisella alalla toimintansa aloittanut IT-painoitteinen Business-to-Business-yritys tarjoaa asiakkailleen kokonaisratkaisuja tiedonvälitykseen.

Pyrkimys tehokkaampaan toimintaan johti ajatuksen Lean Six Sigma -menetelmien käyttöönotosta yrityksen toiminnassa. Koulutuksen aikana tehtiin harjoitusprojekti, jossa tutkittiin mitkä tekijät vaikuttavat tuotannossa syntyvään hukkaan. Projektin perusteella merkittävimmäksi tekijäksi nousi liitteelliset ajot. Tämä insinööri työ on jatkoa edelliselle, ja tarkoituksena on löytää Lean Six Sigma -menetelmin ne merkittävimmät tekijät, joiden takia liitteelliset ajot koetaan ongelmallisina.

Projektin tavoitteena on saada liitteellisten töiden aiheuttamaa hukkaprosenttia pienennettyä nykyisestä 1,7 %:n tasosta pysyvästi alle 1 %:n.

2 Määritelmät

Taulukossa 1 on esitetty insinööriyössä käytettyjä määritelmiä.

Taulukko 1: Määritelmät

Termi	Määritelmä
MTTF	Mean time to failure, keskimääräinen aika, jonka välein kuorituskone pysähtyy
Reprint	Ensimmäisellä tuotantokierroksella epäonnistuneita tuotteita, jotka uusitaan seuraavalla kierroksella. Tuote sisältää kirjekuoren, tulostetun /tulostettuja arkkeja sekä mahdollisesti liitteen.
Liite	Kuoreen liitettävä ylimääräinen dokumentti, jota ei tehdä varsinaisen tulostuksen yhteydessä.
Jatkolomaketuotanto	Prosessi, jossa tulostaminen tehdään paperirullille, jotka kuoritetaan suoraan rullalta kuorituskoneilla
Sovellus	Yksittäisen asiakkaan yksi tuotantoajo, joka useimmiten toistuu säännöllisesti
Liiteasema	Kuorituskoneen osa, jossa liitteistys tapahtuu
Kynsi	Liiteaseman pohjalla on tela, jonka yläpuolella sijaitsee kaksi säädettävää kynttä. Kynnet erottelevat liitepinon alta yhden liitteen kerrallaan.
Sieni	Liiteaseman pohjalla sijaitsee viisi hihnaa. Kasteltu sieni laitetaan tarpeen mukaan kostuttamaan ja puhdistamaan hihnoja -> parempi kitka.
iPDA	Tuotantokoneissa oleva tuottavuuden mittari.
SRM	Strålforsin kehittämä laadunvarmistusjärjestelmä
Check-bin	Kuorituskoneen SRM-yksikössä sijaitseva hukka-boxi, jonne ohjataan kaikki laadullisesti poikkeavat lähetykset.
Ulostulohihna	Kuorituskoneen loppupäässä oleva hihna, jolle tulleet kuoret ovat laadullisesti hyväksyttäviä ja valmiita postitettavaksi eteenpäin.
Parametrisäädöt, liitteen pituus	Parametrisäätöihin kirjataan liitteen pituus. Liiteaseman sensori tarkkailee, että asemasta lähtevän liitteen pituus vastaa parametrisäätöjä.

Parametrisäädöt, liite ohjautuu hukkaboxiin / ulostulohihnalle	Parametrisäädöistä voidaan valita halutaanko liitevirheestä johtuva lähetys ohjata check-biniin vai ulostulohihnalle.
Käyttöaste	Prosentuaalinen määre, joka lasketaan kaavasta: $\frac{\text{toteutunut työaika}}{\text{suunniteltu koneaika}}$
Minitab	Ohjelmisto, joka tarjoaa tilastollisen prosessinohjauksen, koesuunnittelun, luotettavuusanalyysit ja mittausjärjestelmän analysoinnin

3 Projektin valinta ja tavoitteet

3.1 Asiakasvaatimukset

2011 tehdyn Six Sigma Black Belt -projektin perusteella todettiin, että varsinkin jatkolomaketuotannossa liitteet aiheuttavat paljon ongelmia, ja niiden vaikutus läpimenoon on merkittävä. Koneita mitataan MTTF:llä eli keskimääräisellä vikaantumistiheydellä, joka laskee selvästi liitteiden vaikutuksesta. Tämä aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia, kapasiteetin alenemista ja mahdollisesti myöhästymisiä, jotka suoraan vaikuttavat asiakassuhteeseen ja nostavat tyytymättömyyttä.

Tuotanto hyötyy erityisesti paremmasta läpimenoa ja vapautuvasta kapasiteetista, joka voidaan käyttää tuottavan työn tekemiseen tai esimerkiksi suurempaan määrään ennakkohuoltoja. Projektista saatavat tulokset ovat mahdollisuuksien salliessa käytävissä myös konsernin muissa maissa ja tehtaissa, jolloin mahdolliset läpimurrot voivat konsernitasolla moninkertaistaa projektista saatavan hyödyn.

Odotuksena on, että projekti valmistuu aikataulun puitteissa ja siitä saatavat tulokset realisoituvat säästöinä sekä parantuneena koneiden käyttöasteena ja läpimenoa tuotannossa.

3.2 Ongelman kuvaus

Edellisessä vuonna 2011 tehdyssä BB-projektissa selvitettiin, että liitteelliset työt aiheuttavat tilastollisesti enemmän ongelmia kuin liitteettömät työt. Liitteistä johtuvat pysähdykset laskevat merkittävästi kuorituskoneiden käyttöastetta ja pienentävät kokonaiskapasiteettia. Koneiden MTTF on jopa puolet pienempi töissä, joissa käytetään liitteitä verrattuna liitteettömiin töihin. Liitteellisistä töistä syntyy myös enemmän reprinttiä, joka on suora laatuksustannus Strålforsille. [1.]

Liiteongelmat ja niistä johtuvat pysähdykset aiheuttavat selkeitä läpimeno-ongelmia, jotka pahimmillaan aiheuttavat myöhästymisiä ja yleisesti huonontunutta asiakastyytyväisyyttä. Joissain tapauksissa, esimerkiksi myöhästymisistä joudutaan maksamaan taloudellisia korvauksia asiakasyrityksille, mistä koituu kuluja Strålforsille. [1.]

Edellisen BB-projektissa selvitettiin reprintin määrät asiakaskohtaisesti. Selvityksen perusteella suurimmaksi reprint-prosentin aiheuttajaksi nousi [REDACTED] liitteellinen sovellus [REDACTED]. Kyseiseen sovellukseen menee vaihtelevasti [REDACTED]-liite, joka aiheuttaa jatkuvasti päänaivaa tuotannossa. Tämän projektin tarkoituksena onkin keskittyä reprintin osalta juuri näihin [REDACTED] liitteellisiin [REDACTED]-vaiheisiin. Projektissa esiintyvä tutkimusdata on peräisin kyseisistä sovelluksista.

3.3 Projektin tavoitteet

Projektin tavoitteena on saada nykyinen noin 3 minuutin keskiarvoinen MTTF taso nousemaan lyhyellä tähtämellä noin 8 minuutin tasolle liitteellisissä töissä. Tavoitteena on myös saada reprint-% alle 1 %:n nykyisestä noin 1,5 %:n tasosta.

Lisäksi konsernin olemassa oleviin liiteohjeisiin tulee kiinnittää huomiota ja luoda kunolliset spesifikaatiot asiakkaiden toimittamille liitteille.

3.4 Liiketoimintavaikutus

Tällä hetkellä reprint-ongelmasta aiheutuvat COPQ-kulut ovat vuositasolla kokonaisuudessaan noin 80 000 €. Tästä summasta liitteiden osuuden voidaan arvioida olevan noin 40 000 €. Tavoitteena on puolittaa liitteistä johtuva laatukulu. Lisäksi tähän päälle tulevat tietoturvatuhouksesta syntyvät kulut, jotka ovat vuositasolla noin 40 000 €. Näistä noin viidesosan voidaan arvioida syntyvän liitteisiin liittyvistä ongelmista. Kokonaisuudessaan kuluja syntyy vuositasolla siis noin 120 000 €. Näistä liitteisiin liittyviä kuluja olisi siis noin 48 000 €. [5.]

Jos projekti pääsee tavoitteeseen, COPQ-kulut olisivat tämänhetkisen käsityksen mukaan noin 96 000 €. Yhteensä se siis tarkoittaisi noin 24 000 €:n vuosittaisia säästöjä verrattuna nykytilanteeseen. (Taulukko 2) Näiden kulujen lisäksi ongelmasta syntyy huomattavasti aikahukkaa, joka voitaisiin käyttää tuottavan työn tekemiseen. [5.]

Taulukko 2: Projektin liiketoimintavaikutus

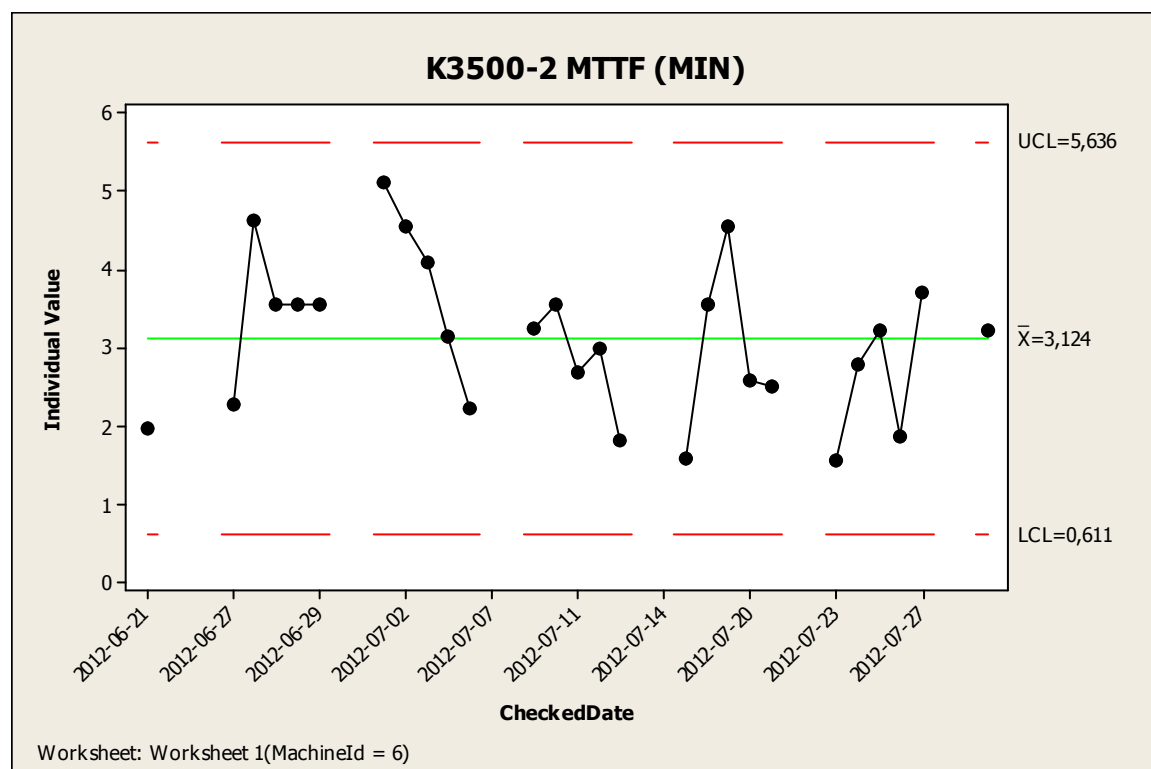
Kustannustekijä	Nykytilanne	Tavoite
COPQ (sisältää reprintit, materiaalin ja tietoturvatuhouksen)	120 000 €	96 000 €

3.5 Projektin strategia

Projekti on tehty Six Sigman määrämään DMAIC-protokollan mukaisesti. DMAIC-projektin määrittelylomake löytyy liitteestä 1. Projektissa on käytetty Six Sigma -työkaluja, jotka ovat soveltuneet luontevasti tutkittuun prosessiin.

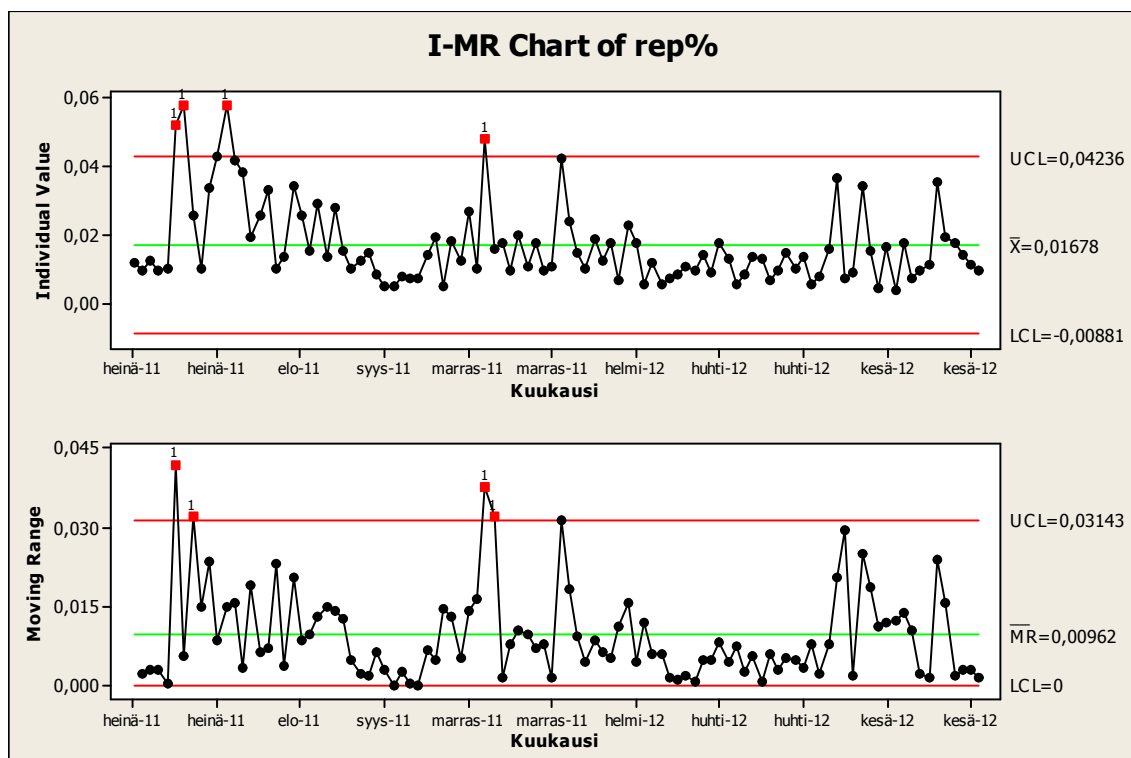
3.6 Ensisijaiset mittarit

Ensisijaisena mittarina toimii MTTF jatkolomakekuorituskoneilla. Mittarista saadaan dataa helposti, käytössä on automaattinen keino mitata sitä. Jos nykyinen noin 3 minuutin MTTF arvo saadaan nousemaan projektin aikana suunnitellulle 8 minuutin tasolle, projektia voidaan pitää onnistuneena. (Kuva 1.)



Kuva 1. K3500-2 MTTF käyttäytyminen

Toinen, vähintäänkin yhtä tärkeä ensisijainen mittari on reprint-%. Reprint-%:ia on helppo mitata, data saadaan automaattisesti tuotannonohjausjärjestelmästä. Tätä projektia edeltäneessä projektissa tarkoituksena oli saada reprint-% laskemaan alle 1 %:iin kokonaiskuorivolyymistä. Tässä jatkoprojektissa tavoitteena on laskea suurimman reprintin aiheuttajan, eli liitteellisten töiden reprint-% alle 1 %:n. (Kuva 2.)



Kuva 2. Liitteellisten [REDACTED]-vaiheiden käyttäytyminen

4 Prosessin räjäytys

4.1 Kalanruoto (Ishikawa-diagram)

Kalanruotokaavion avulla tarkasteltiin MTTF:ään vaikuttavia syy-seuraussuhteita. Kalanruotokaavio tehtiin prosessissa toimivien avainhenkilöiden kanssa ja prosessia tarkasteltiin mittauksen, materiaalien, ihmisten, ympäristön, menetelmien ja koneiden näkökulmasta.

Kalanruotokaaviossa menetelmien, ihmisten ja materiaalien näkökulmat sisälsivät eniten muuttujia. Myös ympäristö oli hyvin edustettuna, mutta mittaus ja koneet eivät sisältäneet kovin monta muuttujaa. Tämä voisi viitata siihen, että prosessia ja eri tekijöiden vaikutuksia ei tunneta kovin hyvin näistä näkökulmista.

Yksityiskohtainen kalanruotokaavio löytyy liitteestä 3.

4.2 Prosessikartta

Projektissa tarkastellaan yksityiskohtaisesti jatkolomakekuorituksessa tapahtuvaa liitteistysprosessia. Liitteistysprosessi sisältää erittäin monta prosessivaihetta ja se voi vaikuttaa monimutkaiselta. Prosessikartta auttaa ymmärtämään prosessin kokonaisuutena sekä selventää sen yksityiskohtia.

Tarkasteltava prosessi lähtee toimittajista, joilta saadaan liitteet. Toimittajat voivat olla sisäisiä tai ulkoisia. Tämän jälkeen prosessissa tarkastellaan liitteiden varastointia ja siirtelyä tuotannon sisällä. Lopuksi prosessikartassa kuvataan yksityiskohtaisesti kaikki liitteistykseen vaikuttavat eri parametrit ja säädöt. Liitteistysprosessissa on yhteensä yli 20 prosessivaihetta.

Yksityiskohtainen SIPOC-kuvaaja ja prosessikuvaus löytyvät liitteistä 4 ja 5.

4.3 XY-matriisi

XY-matriisiin kerättiin projektiryhmän toimesta yhteensä 153 muuttujaa. Jokainen muuttuja pisteytettiin kolmeen vasteeseen peilaten, jolloin saatiin yhteenlaskettuna muuttujien priorisoitu järjestys. Suurimmat pistemäärät saaneet muuttujat olivat suhteellisen monipuolisesti liitteiden fyysisiä ominaisuuksia, koneen säätöjä ja erilaisia työskentelytapoja. XY-matriisin jälkeen tehtiin ensimmäinen muuttujien karsinta, jossa osa vähiten pisteitä saaneista muuttujista poistettiin jatkoanalyyseistä. XY-matriisi ei tuonut analyysiin läpimurtoa, vaan kuvaaja muistutti lähinnä hyvin loivasti kasvavaa suoraa.

Yksityiskohtainen XY-matriisi ja XY-kuvaaja löytyvät liitteestä 6.

4.4 FMEA

FMEA-matriisilla tarkastellaan input-muuttujia kolmesta eri näkökulmasta, jotka ovat virheen vakavuus, esiintymistodennäköisyys ja löydettävyys eli todennäköisyys havaita vika. Jokainen muuttuja pisteytetään taulukon 3 mukaisesti yhdestä kymmeneen jokaisesta eri näkökulmasta. Lopuksi luvut kerrotaan keskenään ja siitä saadaan RPN- eli riskiluku, jonka perusteella muuttujat voidaan luokitella merkittävyyden mukaan.

Taulukko 3: FMEA-matriisin pisteytysperusteet

Arvo	Vakavuus kriteerit	Esiintyvyyssasteikko		Löydettävyys
10	Kriittinen, ei varoitusta	>1/2	Kriittinen	Erittäin epävarma
9	Kriittinen, varoitus	>1/3	Kriittinen	Hyvin olematon
8	Erittäin vakava	>1/8	Vakava	Olematon
7	Vakava	>1/20	Vakava	Hyvin vähäinen
6	Oleellinen	>1/80	Oleellinen	Vähäinen
5	Melko oleellinen	>1/400	Oleellinen	Kohtalainen
4	Vähemmän oleellinen	>1/2 000	Oleellinen	Kohtalaisen varma
3	Vähäinen	>1/15 000	Vähäinen	Varma
2	Mitätön	>1/150 000	Vähäinen	Hyvin varma
1	Ei vaikutusta	>1/1 500 000	Heikko	Täysin varma

FMEA-matriisista merkittävimiksi tekijöiksi nousi muun muassa kynsien etäisyyden säätö sekä erilaiset parametrisäädöt. FMEA-matriisi siis vahvasti projektiryhmän saama käsitystä XY-kuvaajan perusteella. Kuvaaja alkoi muutenkin muistuttaa enemmän Pareto-kaaviota, mistä voidaan päätellä, että projektiryhmä tuntee prosessin. FMEA-matriisin perusteella osa vähiten pisteitä saaneista muuttujista poistettiin jatko-analyyseistä.

Yksityiskohtainen FMEA-matriisi ja -kuva löytyvät liitteestä 7.

5 Vastemuuttuja

Projektiryhmä tarkasteli kolmea taulukon 4 mukaista vastemuuttujaa.

Taulukko 4: Vastemuuttajat

Vastemuuttuja	Tarkennus	Laatukriteeri
MTTF	Jatkolomakekuorituskoneiden keskimääräinen vikaantumisväli	> 8 min
Liitteellisten ajojen reprint-%	Hylättyjen kuorien suhde kaikkiin kuoriin	< 1 %
Käyttöaste	Miten kone on käytettävissä, kun koneelle on määrätty operaattori	> 62 %

Projektissa päätettiin kuitenkin keskittyä kahteen vasteeseen, jotka ovat MTTF ja liitteellisten ajojen reprint-%. Projektiryhmässä todettiin, että muiden vasteiden tarkastelu on parempi jättää seuraavia projekteja varten.

MTTF:llä on määritelty spesifikaatorajat tuotannonjohdon toimesta. Tavoitteeksi on asetettu, että MTTF:n pitäisi olla > 8 minuuttia. Rajat perustuvat käytännössä historiatdataan, jonka perusteella on asetettu parannustavoite.

Liitteellisten ajojen reprint-% tavoitteeksi asetettiin < 1 %.

6 Mittaussysteemin analysointi

6.1 Mittaussysteemin kuvaus

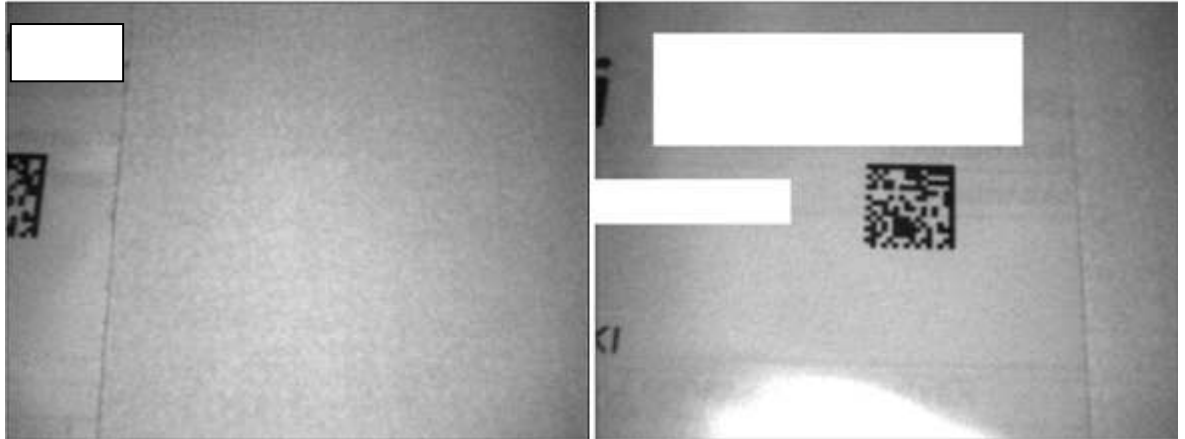
Mittaussysteeminä käytetään Strålfors R&D:n kehittämää SRM-järjestelmää, joka perustuu kameralla tapahtuvaan D2-koodin kuvaamisen kirjekuoren ikkunan läpi. Kameran ovat erittäin nopeita Matrix-2000-viivakoodikameroita, ja ne on suunniteltu vastaaviin tehtäviin. Jokaisesta kuvasta D2-koodista tallentuu merkintä tietokantaan ja tuotannonohjausjärjestelmään. Lisäksi kameran hylkäämistä kuorista on mahdollista tallentaa verkkolevylle kuva, jota voi jälkikäteen tutkia tarpeen vaatiessa. Kameroiden toimintaa kartoitettaessa tietokannasta saadaan ajettua raportteja, joista käy ilmi seuraavat tiedot. (Taulukko 5.)

- Lukuvirheiden määrä
- Sekvenssivirheiden määrä
- Järjestysvirheiden määrä
- Pysähdysten määrä
- Hylättyjen kokonaismäärä
- Hyväksytyjen määrä
- PPM lukuvirheille

Taulukko 5: K3500-3 SRM-kameran tilastot

Name	NoRead	Not in Seq.	Following error	Crash	Total rejected	Accepted	PPM NoRead	Month
Kern3500-3	2785	4806	8786	843	17750	2577269	1081	Jan
Kern3500-3	2085	3223	5683	732	12217	2435082	856	Feb
Kern3500-3	1667	4345	6310	1010	13727	2764397	603	Mar
Kern3500-3	1761	4092	6084	1194	13672	2298356	766	Apr
Kern3500-3	1839	3148	4213	883	10476	2699654	681	May
Kern3500-3	2407	0	0	363	2871	2295988	1048	Jun
Kern3500-3	3927	659	1048	604	6381	2434880	1613	Jul
Kern3500-3	1945	1628	3017	414	7189	2328606	835	Aug

SRM-järjestelmästä saadaan siis erittäin tarkkaa dataa ja näemmekin, että SRM-kamera aiheuttaa noin promillen kaikista reprintsistä. Kuvasta 3 näemme tyypiesimerkin kameran hyväksymästä ja hylkäämästä luennasta. Suurin osa lukuvirheistä liittyy ongelmiin ajoituksen kanssa.



Kuva 3. Esimerkki kameran lukuvirheestä ja onnistuneesta luvusta

6.2 GageR&R tutkimus

Tätä projektia varten ei väkisin tehty GageR&R tutkimusta, koska mittaussysteemistä on saatavissa niin kattavasti dataa ja muita järkeviä tutkimuksen kohteita ei ollut. Datasta nähdään, että noin promille reprintsistä syntyy kamerajärjestelmän takia. Valtaosa hylätyistä kuorista siis syntyy muualla prosessista.

6.3 Päätelmät

Varsinaista GageR&R tutkimusta ei tehty tässä projektissa. Vain noin promille reprinteistä syntyy kamerajärjestelmän takia. Mittaussysteemistä on saatavissa erittäin kattavasti dataa, joka osoittaa, että mittaussysteemin vaikutus reprint määriin on käytännössä olematon. Taulukkoon 6 on listattu kamerajärjestelmän tunnuslukuja, joista sama voidaan osoittaa.

Taulukko 6: SRM-kameran tunnusluvut

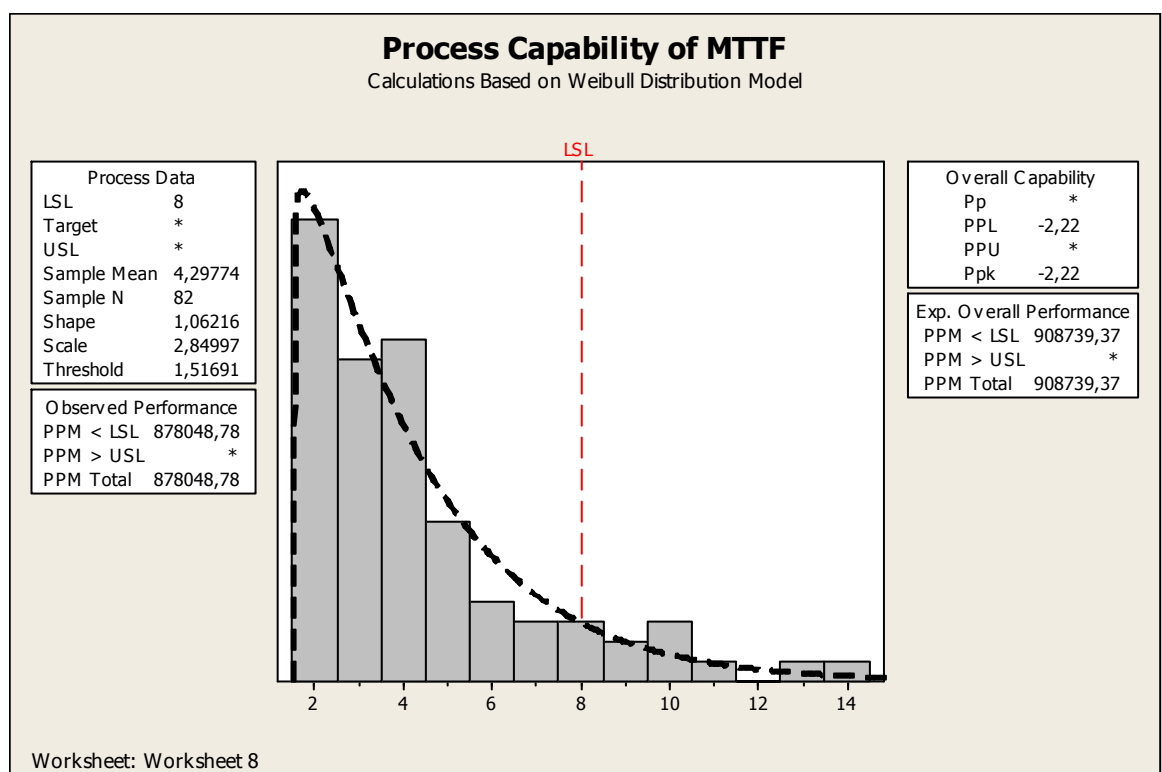
Tunnusluku	Suorituskyky
PPM	1/1 000
Zst	3,719
Zlt	5,219
Cpk	1,739
Ppk	1,237

Voidaankin todeta, että SRM-kameroiden suorituskykyä voisi parantaa entisestään, mutta projektin rajauksen ja mahdollisten saavutettavien hyötyjen kannalta se ei ole olennaista. SRM-kameroita saatetaan kuitenkin tutkia lisää mahdollisissa jatkoprojekteissa.

7 Prosessin kuvaus

7.1 Alustava prosessin suorituskyky

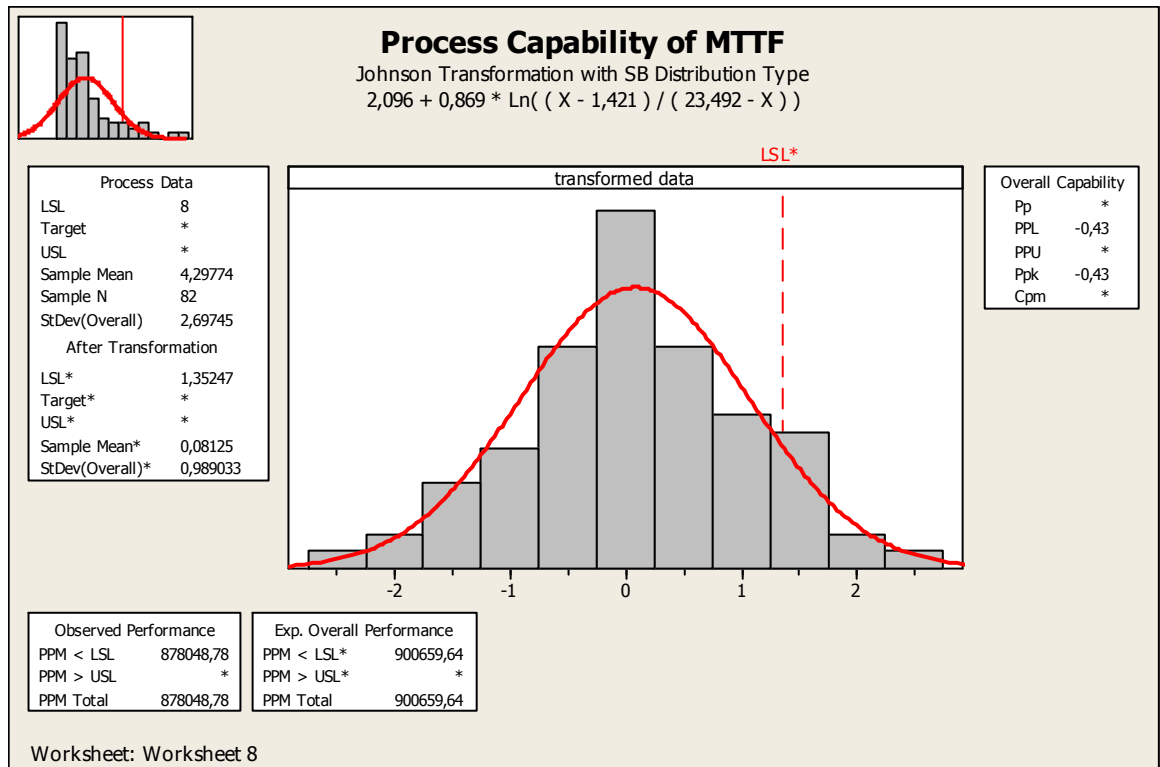
Prosessin alustava suorituskyky on erittäin huonolla tasolla. Projektin lähtötilanteessa sigmataso oli -6,66, Ppk-arvo -2,22 ja PPM 908 739, mikä tarkoittaa että vain noin 9 % päivistä saavuttaa määritetyn spesifikaatorajan. Prosessin keskiarvo on 4,3 minuuttia ja standardipoikkema 2,7 minuuttia. (Kuva 4.)



Kuva 4. MTF alustava prosessin suorituskyky

Data ei kuitenkaan ole normaalisti jakautunut, joten se tarkastettiin vielä Johnson-muunnoksen jälkeen.

Johnson-muunnoksen avulla data saadaan normaalijakautuneeksi. (Kuva 5.)



Kuva 5. MTF prosessin suorituskyky Johnson muunnoksen avulla

Johnson-muunnoksen jälkeen datasta saatiin normaalisti jakautunutta ja myös sigma-taso parani hieman -1,29:ään. Ppk-arvo oli -0,43 ja PPM 900 660, jotka molemmat ovat edelleen vielä erittäin huonolla tasolla.

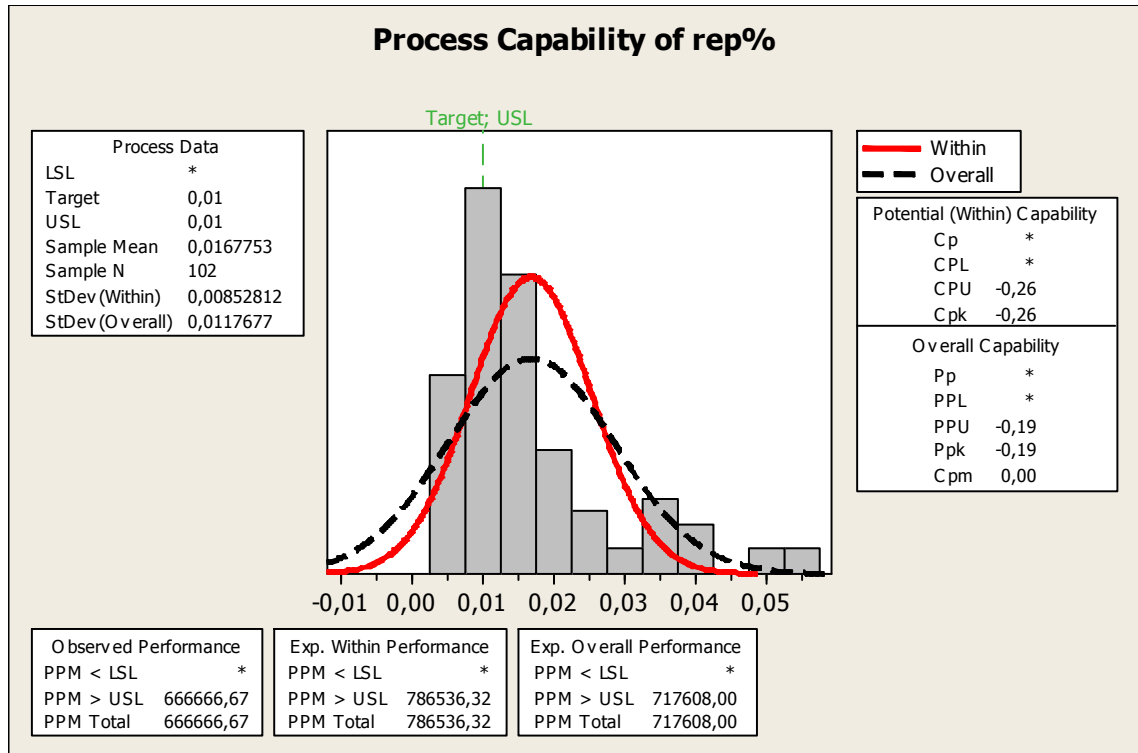
Aikaisemmassa Six Sigma -projektissa tutkittiin erilaisten tekijöiden vaikutusta reprint-%:iin. Projektissa selvisi, että liitteelliset ajot ovat yksi suurimmista reprintin aiheuttajista. Tutkimuksessa tarkasteltiin liitteellisiä ajoja asiakas- sekä sovelluskohtaisesti. Eniten päänvaivaa [REDACTED]-ajot, joihin menee keskimäärin joka toinen kuukausi [REDACTED]-liite. [1.]



Kuva 6. Liiteasema

Liite saa lähestulkoon jatkuvasti huonoa palautetta kuoritusoperaattoreilta. Liite on painettu kevyimmälle mahdolliselle paperille, sen pinta on kiiltävä ja liukas, sekä liite on liimasidottu taitekohdastaan. Näiden seikkojen oletetaan aiheuttavan ongelmia liitteen kulkuun liiteasemasta (kuva 6).

Paperin laatuun ja materiaaliin ei tässä projektissa kuitenkaan voida ottaa sen koommin kantaa, koska liite on asiakkaan toimittamaa materiaalia. Sen sijaan tarkoituksena on löytää lopputulokseen vaikuttavia merkittävimmiä data-analyysin perusteella nousseita tekijöitä, joita muuttamalla reprint-% saataisiin laskuun ja alle tavoitellun spesifikaattorajan. (Kuva 7.)



Kuva 7. Reprint-% alustava prosessin suorituskyky

Strålforsilla on tehty asiakkaan toimittamia liitteitä varten ohjeistus. Ohjeen mukaan asiakkaan on toimitettava liitteet hyväksyttäväksi Strålforsille ennen varsinaista tuotantoonsiirtoa. Taulukoissa 7 ja 8 on liitteille vaadittuja ominaisuuksia. [2.]

Taulukko 7: Strålforsin laatiman liiteohjeistuksen mukaisia liitespeksejä [2.]

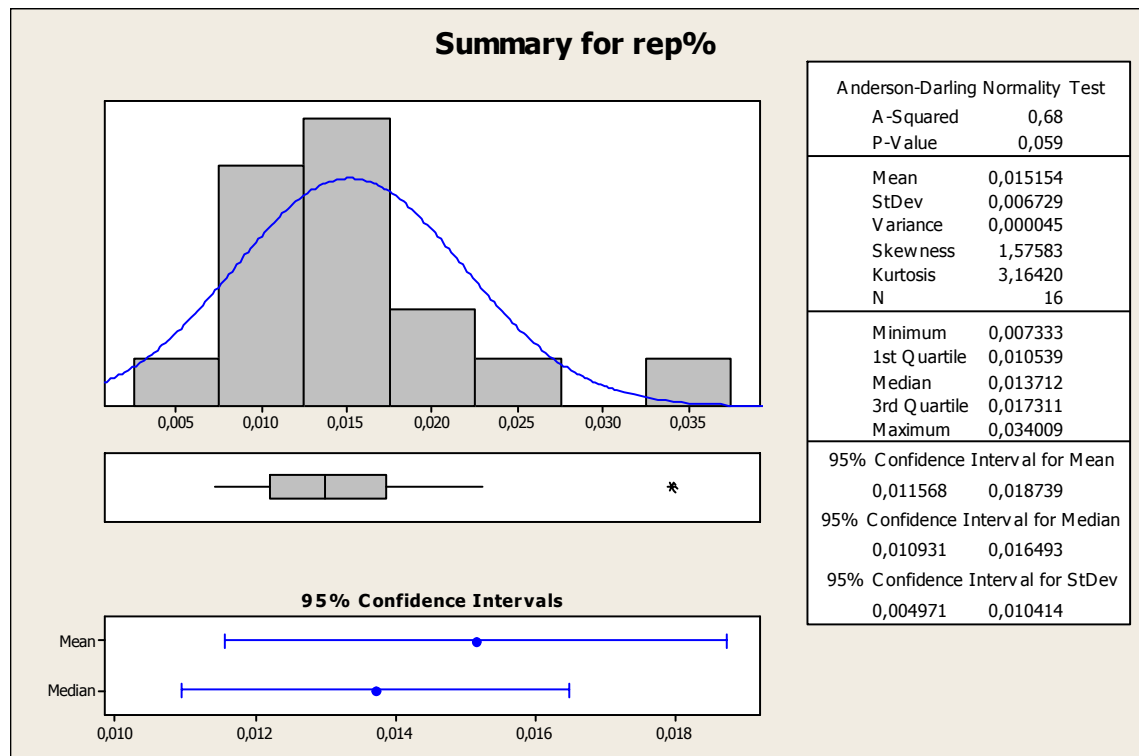
Painoväri	UV- tai LASER-väri
Lakka	Konelakkaa tai vernissaa, käyttö vain painatuksen jälkeisen kuivumisen nopeuttamiseksi
Paperi	Päällystämätön tai mattapintainen, paino yli 115 g/m ² , yli 8-sivuiset liitteet paino yli 130 g/m ²
Liitteen koko	max. 210x150 mm, min. 146x75 mm, paksuus max. 1,7 mm
Leikkaus	Leikkuujälki ei saa olla rosoinen
Taitto	Yksinkertainen tai rullataitto
Sidonta	Miel. liimasidonta. Niitit vain jos sivumäärä < 8 siv. Ja metallilangan paksuus max. 0,045 mm

Taulukko 8: Strålforsin laatiman liiteohjeistuksen mukaisia pakkaustapaohjeita [2.]

Lava	EUR- tai FIN-lava, korkeus max. 1,45 m, paino max. 700 kg
Pakkaustapa	Ei saa ylittää lavan mittoja, vain 1 tuotenumero/lava, muovitus tai aaltopahvikontti, kerrosten välissä välilevy (max.5-10 cm)
Niputus	Liitteen selkösat tulevat vuorotellen vastakkaisiin suuntiin -> liitepinot tukevat toisiaan ja estävät niiden taipumisen

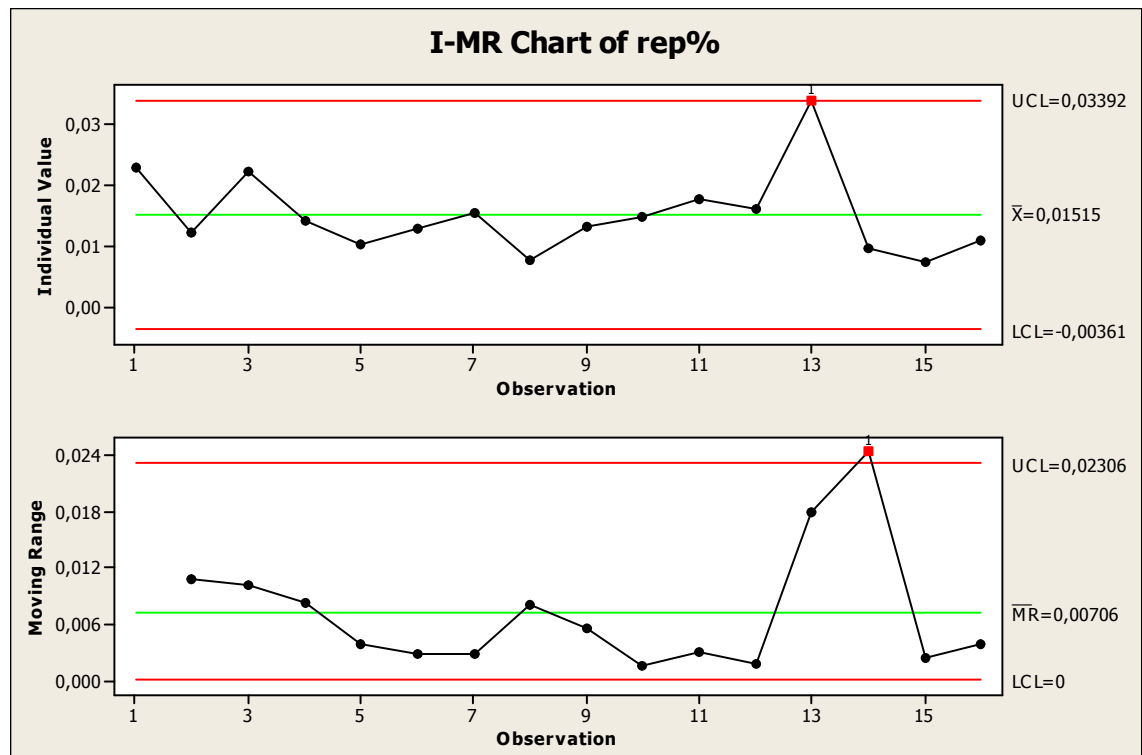
7.2 Hajontojen analysointi

Kuvan 8 mukaan [REDACTED]-ajojen keskimääräinen reprint-% on 1,52 ja keskihajonta 0,67. Koska reprint-määrät tulisi saada alle 1 %:n, molemmat lukemat ovat liian suuria.



Kuva 8. Lähtötilanteen yhteenveto reprint-%:sta

Ohjaukortti (kuva 9) tukee samaa käsitystä. Kyseessä keskiarvo- ja vaihteluongelma.



Kuva 9. Lähtötilanteen aikasarjakuvaaja

I-MR-kortista huomataan, kuinka paljon reprint-% heittelee. Reprint-määrän keskiarvo on puolitoistakertainen tavoitteeseen nähden, sekä standardipoikkeama liian suurella tasolla. Kyseessä on keskiarvo- ja vaihteluongelma. Myös erityisyys tulee selvittää, jotta niiden määrä saadaan alenemaan merkittävästi.

Projektin tavoitteena on saada MTTF nostettua nykyisestä noin 4 minuutin tasosta 8 minuuttiin, sekä reprint-% laskeminen nykyisestä noin 1,5 %:sta alle yhden prosentin.

8 Todennäköisten x:ien tunnistaminen

Projektin alkuvaiheessa todennäköisiä x:iä lähdettiin etsimään XY- ja FMEA-matriisien avulla. Näiden avulla todennäköisimmiksi tekijöiksi nousivat:

- Kynsien etäisyyden säätö
- Parametrisäädöt, Ok lähetys menee Check-Biniin
- Alustan kulman säätö
- Liitemerkin laatu
- Lavallepakkaustapa
- Parametrisäädöt, liitteen pituus
- Liitteiden lukumäärä liiteasemassa
- Sieni

Yllä olevista tekijöistä karsittiin parametrisäätöihin tehtävä muutos siitä meneekö liite check-biniin vai ulostulohihnalle. Nykyisellään lähetys ohjataan check-biniin. Jos tähän tehtäisiin muutos, kuoritusoperaattorin tulisi aina tarkastaa sisältääkö radalla oleva lähetys vaaditun liitteistyksen. Virheellisen liitteistyksen riski tässä tapauksessa kasvaa huomasti, koska laadunvalvonta tapahtuisi operaattorin toimesta.

Muut jatkotutkiskelun ulkopuolelle jätetyt tekijät ovat liitemerkin laatu ja lavallepakkaustapa. Liitemerkin laatuun ei voida kuoritusprosessissa vaikuttaa, se riippuu tulostusjärjestä. Lavallepakkaustapakin on tässä tapauksessa poissuljettu, koska asiakkaan toimittamiin liitteisiin ei pystytä sisäisesti vaikuttamaan.

Seuraavassa vaiheessa XY- ja FMEA-matriisien merkittävimiksi nousseita tekijöitä lähdettiin tutkiskelemaan projektiryhmän kanssa yksityiskohtaisemmin.

8.1 Todennäköisten X:ien analysointia

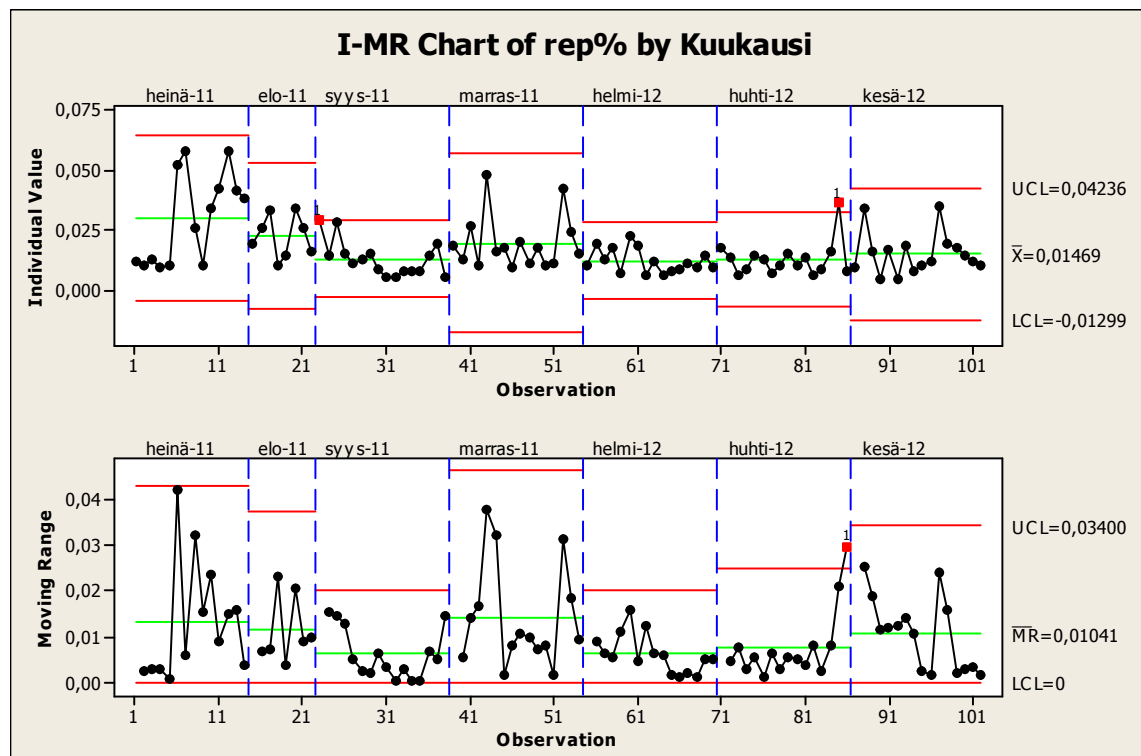
Tarkastellaan ■■■■■-vaiheiden reprint-lukemia. Reprintiä on 1,68 % joka ylittää tavoitteeksi asetetun 1 % selkeästi. Reprintin keskiarvo on 729 kuorta ja standardipoikkeama 524 kuorta, mikä kertoo suuresta vaihtelusta.

Descriptive Statistics: rep%; Quantity

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Sum	Minimum	Q1
rep%	102	0	0,01678	0,00117	0,01177	1,71108	0,00388	0,00937
Quantity	102	0	728,5	51,9	524,0	74308,0	153,0	398,8

Variable	Median	Q3	Maximum
rep%	0,01317	0,01912	0,05740
Quantity	541,5	816,0	2599,0

Kuvasta 10 nähdään kuinka liitteellisten XXXXXX-ajojen reprint-% on käyttäytynyt heinäkuusta 2011 lähtien. Kuvajasta nähdään selvästi vaihtelun pienentyminen syksyllä 2011 loppuneen tätä projektia edeltäneen BB-projektin tulosten vaikutus reprint-%:iin. Marraskuussa [REDACTED] liitettä toimittanut toimittaja on ilmoittanut ongelmista tuotannossaan. Liitemakkelit oli pakattu Strålforsille toimitettujen lavojen pohjalle. Marraskuun [REDACTED] olivat haasteellisia tuotannossa, mikä huomataan kuvan 10 aikasarjakuvaajan suurena vaihteluna ja kasvaneena reprint-määränä kyseisen kuukauden osalta.



Kuva 10. Kuukausikohtainen reprintin vaihtelu

8.1.1 Kynsien korkeus

Kynsien korkeus on oletettavasti merkittävin tekijä, joka vaikuttaa liitteen etenemiseen kuorituskoneen liiteasemasta.

Oli haasteellista valita mittausmenetelmä, jolla kynsien korkeutta ja telan etäisyyttä saataisiin luotettavasti mitata. Mittavälineeksi päätettiin hankkia rakotulkki (kuva 11), jonka tarkkuus on 0,04–1 mm.



Kuva 11. Rakotulkki

Liiteasemassa on kaksi kynttä, joiden säätö tapahtuu kynnenpidikkeen yläpuolella olevaa säätömutteria kääntämällä. Tässä projektissa mittaustulokset otti yksi ja sama henkilö, jolloin mittatulokset ovat verrannollisia keskenään. Mittaustuloksia tuli 0,15 mm:n ja 0,5 mm:n välillä, joten projektissa päätettiin tarkastella etäisyyksiä $> 0,3$ mm ja $< 0,3$ mm tasolla. (Kuva 12.)



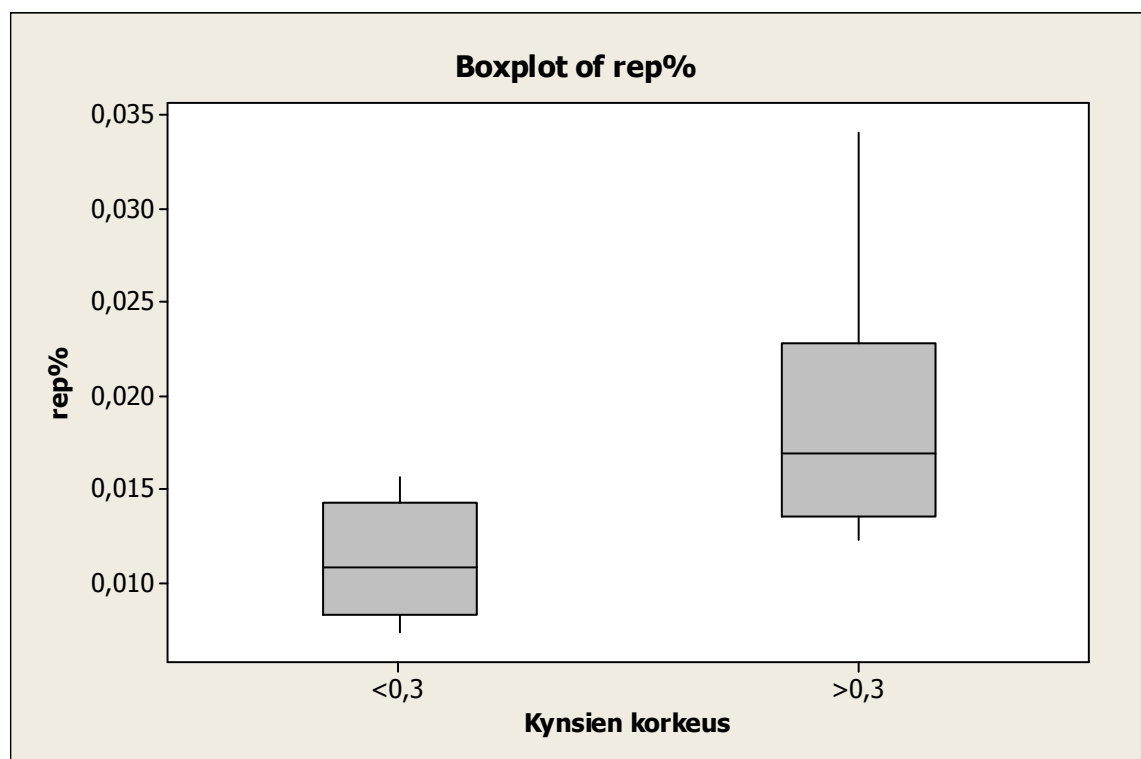
Kuva 12. Liiteaseman säätömutteri

Descriptive Statistics: rep%

		Kynsien							
Variable	korkeus	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Sum	Minimum	Q1
rep%	<0,3	8	0	0,01120	0,00108	0,00306	0,08960	0,00733	0,00822
	>0,3	8	0	0,01911	0,00255	0,00720	0,15286	0,01229	0,01351

		Kynsien			
Variable	korkeus	Median	Q3	Maximum	
rep%	<0,3	0,01073	0,01429	0,01567	
	>0,3	0,01691	0,02282	0,03401	

Statistiikan mukaan kynsien ollessa < 0,3 mm reprintiä syntyy 1,12 %. Kynsien ollessa > 0,3 mm reprint-määrä on 1,91 %. Ero on huomattava. (Kuva 13.)



Kuva 13. Kynsien korkeuksien hajonnat

Riippumattoman Two-sample T-Testin avulla voidaan arvioida, kuinka paljon kahden näytteen keskiarvot poikkeavat toisistaan, ja kuinka paljon kummatkin näytteet selittävät lopputulemaa, eli reprint-prosenttia. [3.]

Testi käyttää näytteen standardipoikkeamaa sigman estimaattina. Jos ero näytteiden keskiarvojen välillä on suurempi suhteessa estimoituun vaihteluun, silloin näytteiden keskiarvot tuskin ovat samat. Tulokset saadaan Two sample T-Testin statistiikasta, jossa ilmenee kummankin näytteen keskiarvot, keskihajonnat ja -virheet, 95 %:n luotamusvälit ja T-Testin tulokset. Kun P-arvo on $\leq 0,05$, keskiarvojen välillä on tilastollisesti merkittävä ero. [3.]

Two-Sample T-Test and CI: rep%; Kynsien korkeus

Two-sample T for rep%

Kynsien				
korkeus	N	Mean	StDev	SE Mean
<0,3	8	0,01120	0,00306	0,0011
>0,3	8	0,01911	0,00720	0,0025

Difference = mu (<0,3) - mu (>0,3)
 Estimate for difference: -0,00791
 95% CI for difference: (-0,01417; -0,00165)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -2,86 P-Value = 0,019 DF = 9

Two-Sample T-testistä T-arvoksi tuli -2,86. T-arvon avulla malli laskee, kuinka merkittävä tulos on alfatason ollessa 0,05. Merkittävyys, eli P-arvo on pienempi kuin 0,05, ja sen perusteella meillä on riittävästi todistusta siitä, että näytteiden keskiarvojen välillä löytyy tilastollisesti merkittävä ero.

8.1.2 Parametrisäädöt, kuitatun liitteen meno check-biniin / ulostulohihnalle

Kuorituskoneen parametrisäätöihin pystytään määrittelemään, minne liiteasemasta johtuvan pysähdyksen jälkeen liitteellinen lähetys kulkeutuu. Tähän asti parametrisäädöissä on ollut vakioasetuksena se, että liite ohjataan check-biniin. Jos kuorituskoneella ajo on haasteellista liitteiden takia, check-biniin ajautuu paljon lähetyksiä.

Liitevirheen takia check-biniin menneessä lähetyksessä saattaa olla tuplaliite, tai ei liitettä ollenkaan. Jos parametrisäätöjä muutettaisiin niin, että lähetys ohjattaisiin ulostulohihnalle, operaattorin tulisi varmistaa pysähdyksen yhteydessä, että liiteaseman

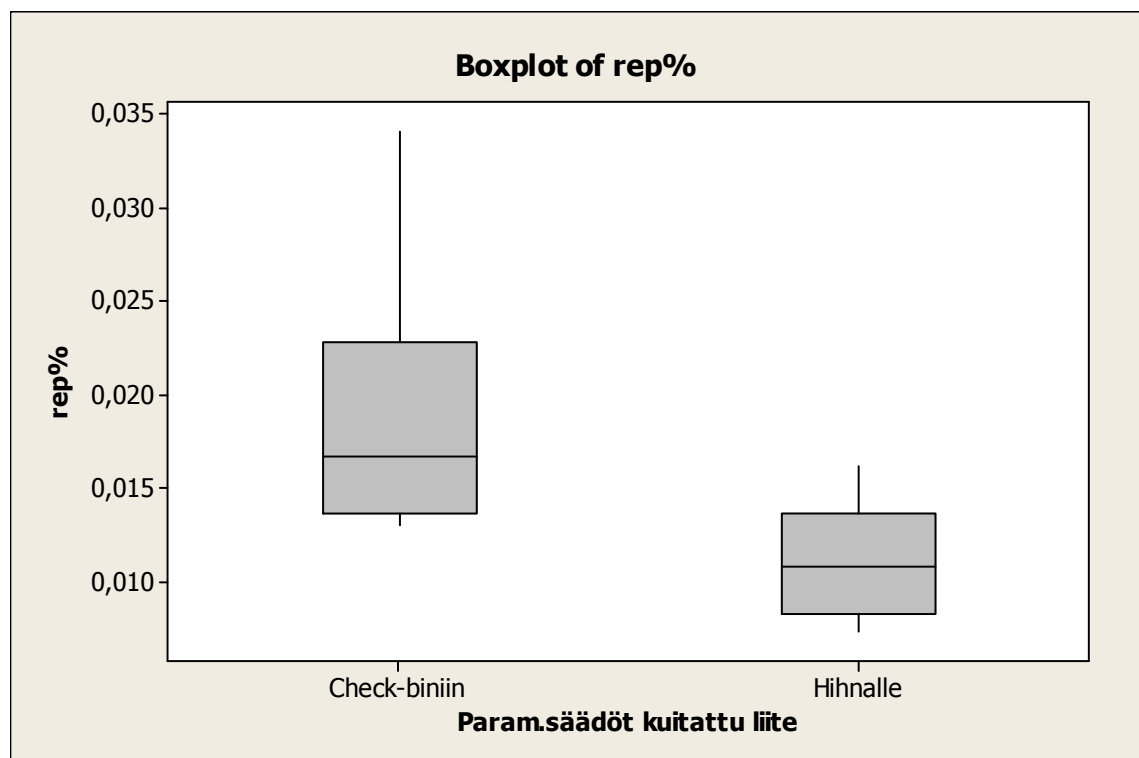
alapuolella radalla oleva lähetys on ok, ja siinä on tarvittava liitteistys. Tämä varmasti-kin alentaisi reprint-%:ia, mutta MTTF:ään sillä ei olisi mitään vaikutusta. Virhelisten kuoritusten riski myöskin kasvaisi tällaisessa tapauksessa.

Descriptive Statistics: rep%

Variable	Param.säädöt	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1
rep%	Check-biniin	8	0	0,01922	0,00250	0,00708	0,01303	0,01365
	Hihnalle	8	0	0,01109	0,00107	0,00302	0,00733	0,00822

Variable	Param.säädöt	Median	Q3	Maximum
rep%	Check-biniin	0,01669	0,02282	0,03401
	Hihnalle	0,01073	0,01367	0,01611

Statistiikka kertoo jo ennalta arvattua, hihnalle ohjatuissa lähetyksissä reprint-% jää lähes puolet pienemmäksi, sama havaitaan boxplotista (kuva 14).



Kuva 14. Liitevirheen jälkeisen liitelähetysten lopullisen paikan hajonnat

Two-Sample T-Test and CI: rep%; Param.säädöt kuitattu liite

Two-sample T for rep%

Param.säädöt				
kuitattu liite	N	Mean	StDev	SE Mean
Check-biniin	8	0,01922	0,00708	0,0025
Hihnalle	8	0,01109	0,00302	0,0011

Difference = mu (Check-biniin) - mu (Hihnalle)

Estimate for difference: 0,00813

95% CI for difference: (0,00197; 0,01429)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 2,99 P-Value = 0,015 DF = 9

T-Testi antaa p-arvoksi 0,015, eli eroavaisuutta löytyy. Jos tämä tekijä nousee analyysin loppuvaiheessa yhdeksi merkittävimmistä tekijöistä, täytyy tarkastella edellä mainittujen virheriskien takia, kannattaako käytäntöä muuttaa.

8.1.3 Muiden tekijöiden analyysit

Analyysin perusteella ei merkittäviksi osoittautuivat seuraavat tekijät:

- Liitteiden lukumäärä asemassa
- Alustan kulma
- Sieni
- Parametrisäädöt, liitteen pituuden määrittäminen
- Parametrisäädöt, liite ajetaan asemasta avoin sivu / taite edellä

Näiden tekijöiden analyysit löytyvät liitteestä 8.

8.1.4 GLM -liitteen sisältämiin ajoihin

General Linear Model sisältää valikoiman varianssianalyysejä. Mallin avulla voidaan analysoida yhtä tai useampaa tekijää eri tasoilla vastedataa, eli reprint-%:ia vasten. GLM:n avulla tarkastellaan, kuinka prosessi on käyttäytynyt datankeräyksen aikana. Tämän avulla saadaan myös arvio siitä, mitkä muuttujat selittävät prosessin vaihtelun.

[4.]

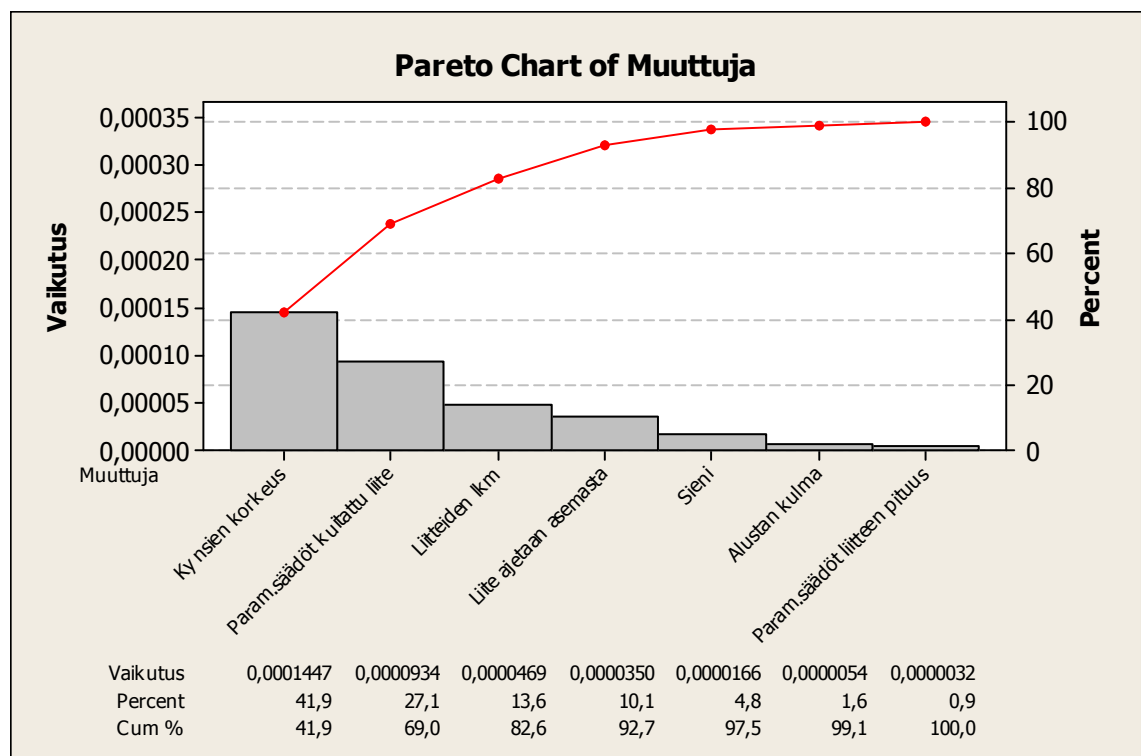
Tämän jälkeen katsotaan, selittävätkö GLM:n avulla esiin tulleet merkittävimmiksi nousseet muuttujat ulostulossa havaitun vaihtelun reprint-%:ien välillä. Samalla tarkastetaan, vastaavatko merkittävimmiksi nousseet tekijät XY-matriisin perusteella merkittävimmiksi nousseita tekijöitä.

GLM tehtiin seitsemälle tekijälle, jotka analysoitiin aikaisemmassa vaiheessa.

GLM:n statistiikka löytyy liitteestä 8.6.

GLM:n mukaan kynsien korkeus näyttäisi olevan ainoa tekijä, jonka P-arvo jää alle 0,05. Analyysin tulosten tulkintaan liittyy kuitenkin muutamia riskejä. Muuttujilla voi olla keskinäisvaikutuksia.

GLM:stä saadun mukautetun neliösumman (Adjusted SS) avulla tekijät listataan Pareto-kaavioon (kuva 15) suurimmasta pienimpään. [4.]



Kuva 15. Pareto todennäköisten x:ien mukautetuista neliösummista

Kuvaajan perusteella kynsien korkeus selittää reprintistä 42 %. Pareton tuloksia verrattaessa XY-matriisiin voidaan analyysivaihetta pitää onnistuneena, koska suurin osa tekijöistä löytyy kummankin merkittävimmiksi nousseiden tekijöiden joukosta.

8.2 Päätelmät

Analyysien perusteella merkittävimmäksi tekijäksi nousi kynsien etäisyys telasta. Analyysin perusteella tulevaisuudessa olisi mielekästä löytää kynsien etäisyydelle optimiasetukset, jotka oletettavasti pienentäisivät reprint-%:ia.

Jatkoa ajatellen olisi mielenkiintoista tutkia optimiasetukset kynsille niin, että esim. mikrometrimittauksilla mitattuun liitteeseen löytyisi saman tien taulukosta etäisyys siihen, mille etäisyydelle kynsi tulisi säätää.

Seuraavassa luvussa käsiteltävän koesuunnittelun ulkopuolelle rajattiin parametrisäädöistä valittava kuitatun liitelähteyksen sijainti (check-bin / ulostulohihna) sekä liitteen ajo asemasta (taite / avoin sivu edellä). Liitteet ajetaan aina avoin sivu edellä, minkä takia sen vaikutusta ei tässä projektissa ole mielekästä tutkia. Muutos ulostulohihnalle ajettavasta liitevirhelähteyksestä aiheuttaa sen verran suuren riskin virhekuoritukselta, ettei siihen tämän projektin aikataulun kannalta tulla tekemään muutoksia.

9 Koesuunnittelu

9.1 DOE-suunnitelma

Koesuunnitelmaa varten muuttujiksi valittiin neljä tekijää, jotka nousivat data-analyysin perusteella merkittävimiksi tekijöiksi. Muuttujat ovat sieni, liitteiden lukumäärä asemassa, kynsien korkeus sekä alustan kulma. Kaikki muuttujat ovat lueteltuina taulukossa 9 kahdella tasolla.

Taulukko 9: DOE:een valitut tekijät tasoillaan

Sieni	Ei käytössä
	Käytössä
Liitteiden lukumäärä	1
	2
Kynsien korkeus	<0,3
	>0,3
Alustan kulma	8
	10

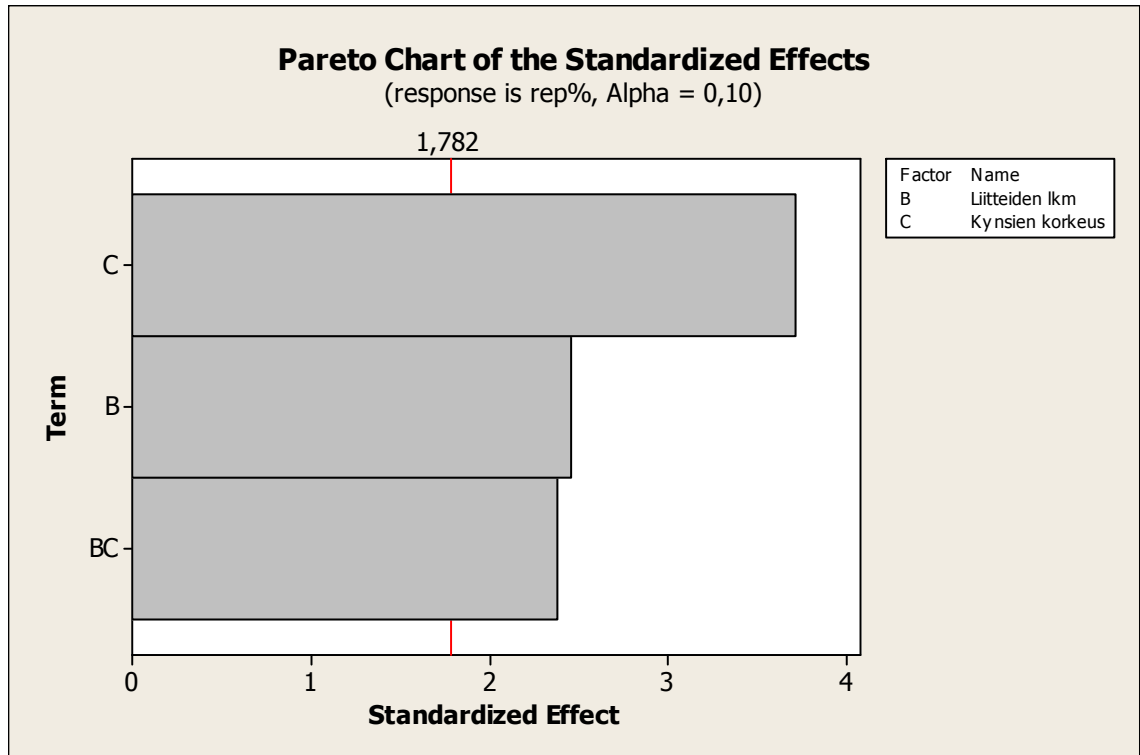
Kokeeksi valittiin täysmuuttujakoe, jossa neljää muuttujaa testattiin kahdella tasolla. Kokeessa ei ollut käytössä bloqueja tai ryhmiä. Ajojen kokonaismääräksi tuli yhteensä 16 ajoa.

Full Factorial Design

```
Factors: 4 Base Design: 4; 16
Runs: 16 Replicates: 1
Blocks: 1 Center pts (total): 0
```

Kolmannen ja neljännen tason tekijöitä ei ollut mielekästä tarkastella. Tarkasteluun valittiin tekijät enintään kahdella tasolla. Pareton perusteella lähtötilanteessa kynsien korkeus osoittautui ainoaksi tekijäksi, jonka palkki ylitti punaisen 0,1 alfasolulle asetun referenssiiviivan. Pareto-kaaviot löytyy liitteestä 9.

Ei-merkittävien tekijöiden poiston jälkeen viimeisessä mallissa alfarajan ylittivät liitteiden lukumäärä, kynsien korkeus sekä näiden yhtenäisvaikutus. (Kuva 16.)



Kuva 16. Alfarajan ylittävät tekijät

9.2 DOE:n tulokset

Tulosten perusteella merkittävimiksi tekijöiksi nousivat liitteiden lukumäärä liitease-massa, kynsien korkeus, sekä näiden yhtenäisvaikutus. Seuraavaksi статистиikkaa tuloksista, joiden perusteella kaikki kolme ovat tilastollisesti merkittäviä ($P < 0,05$).

Factorial Fit: rep% versus Liitteiden lkm; Kynsien korkeus

Estimated Effects and Coefficients for rep% (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0,015154	0,001063	14,26	0,000
Liitteiden lkm	0,005233	0,002617	0,001063	2,46	0,030
Kynsien korkeus	0,007907	0,003954	0,001063	3,72	0,003
Liitteiden lkm*Kynsien korkeus	0,005066	0,002533	0,001063	2,38	0,035

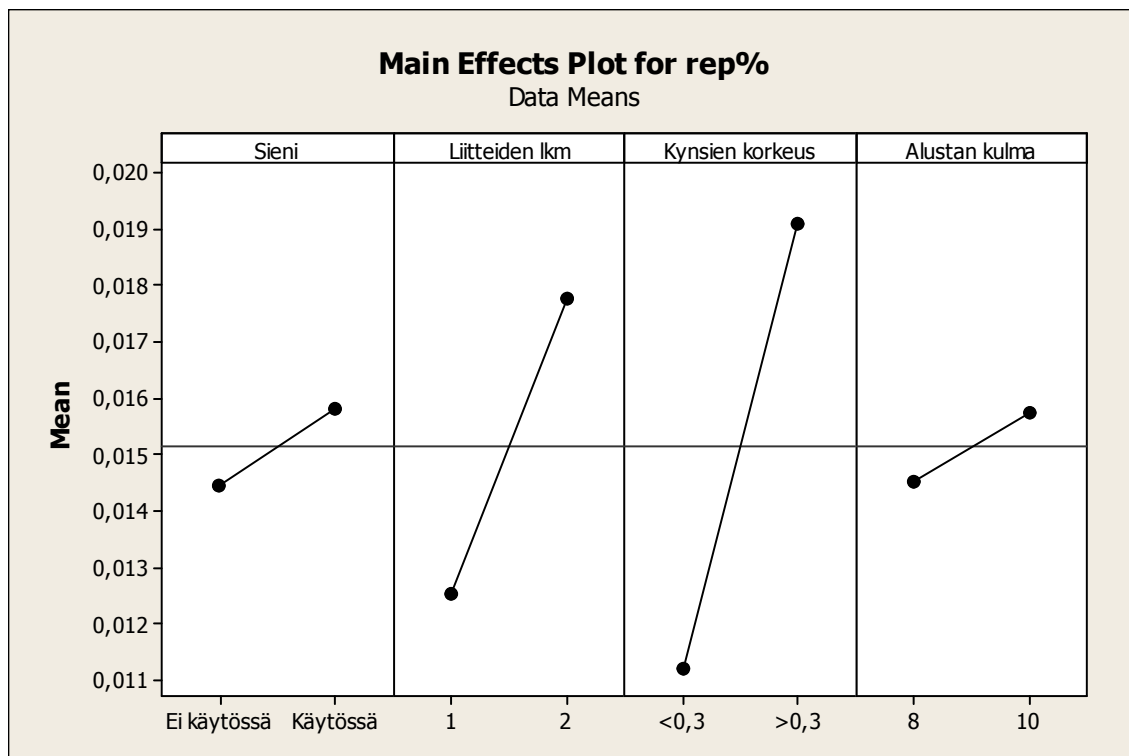
S = 0,00425094 PRESS = 0,000385504
 R-Sq = 68,07% R-Sq(pred) = 43,24% R-Sq(adj) = 60,09%

Analysis of Variance for rep% (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F
Main Effects	2	0,00035966	0,00035966	0,00017983	9,95
Liitteiden lkm	1	0,00010956	0,00010956	0,00010956	6,06
Kynsien korkeus	1	0,00025010	0,00025010	0,00025010	13,84
2-Way Interactions	1	0,00010264	0,00010264	0,00010264	5,68
Liitteiden lkm*Kynsien korkeus	1	0,00010264	0,00010264	0,00010264	5,68
Residual Error	12	0,00021685	0,00021685	0,00001807	
Pure Error	12	0,00021685	0,00021685	0,00001807	
Total	15	0,00067915			

Source	P
Main Effects	0,003
Liitteiden lkm	0,030
Kynsien korkeus	0,003
2-Way Interactions	0,035
Liitteiden lkm*Kynsien korkeus	0,035
Residual Error	
Pure Error	
Total	

Sama nähdään seuraavista päävaikutuskuvaajasta kuvassa 17. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että tilastojen perusteella selitysaste R-Sq on kuitenkin noin 70 %.

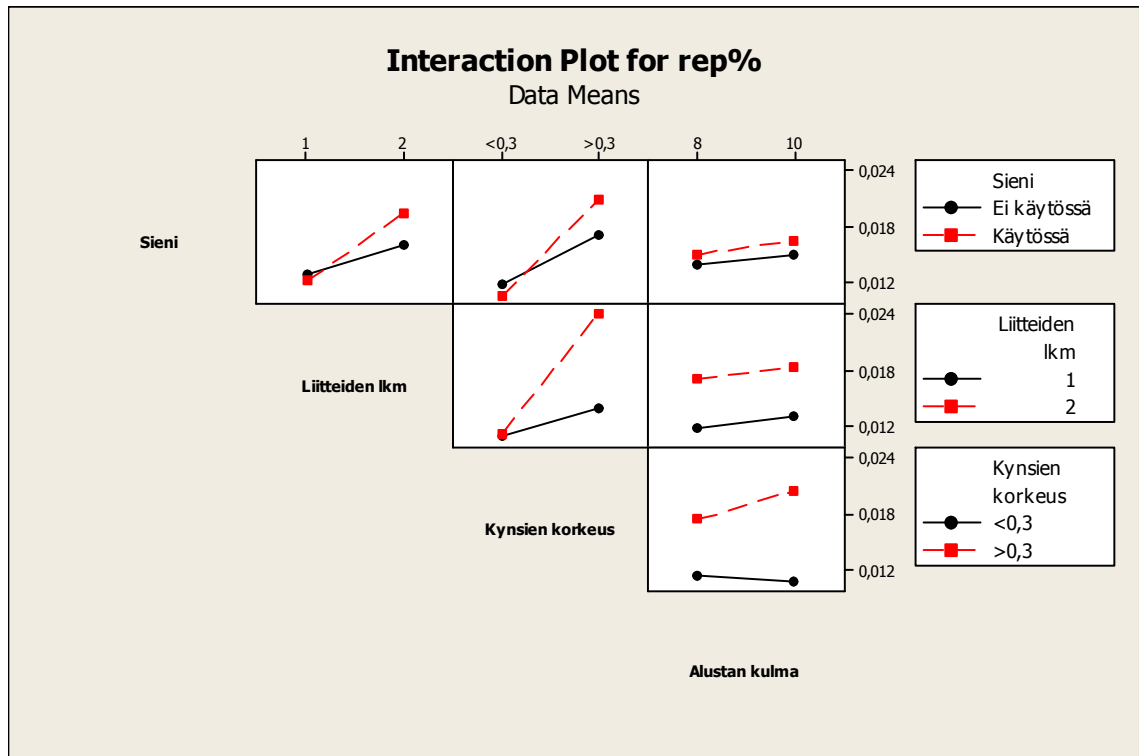


Kuva 17. Päävaikutuskuvaaja tekijöistä

Sienen käyttö ja alustan kulma jäävät selvästikin merkityksettömämmiksi kuin liitteiden määrä asemassa ja kynsien korkeus. Mitä vähemmän liitteitä on liiteasemassa, sitä vähemmän syntyy reprintiä. Tämä tukee käytännössä havaittua oletusta.

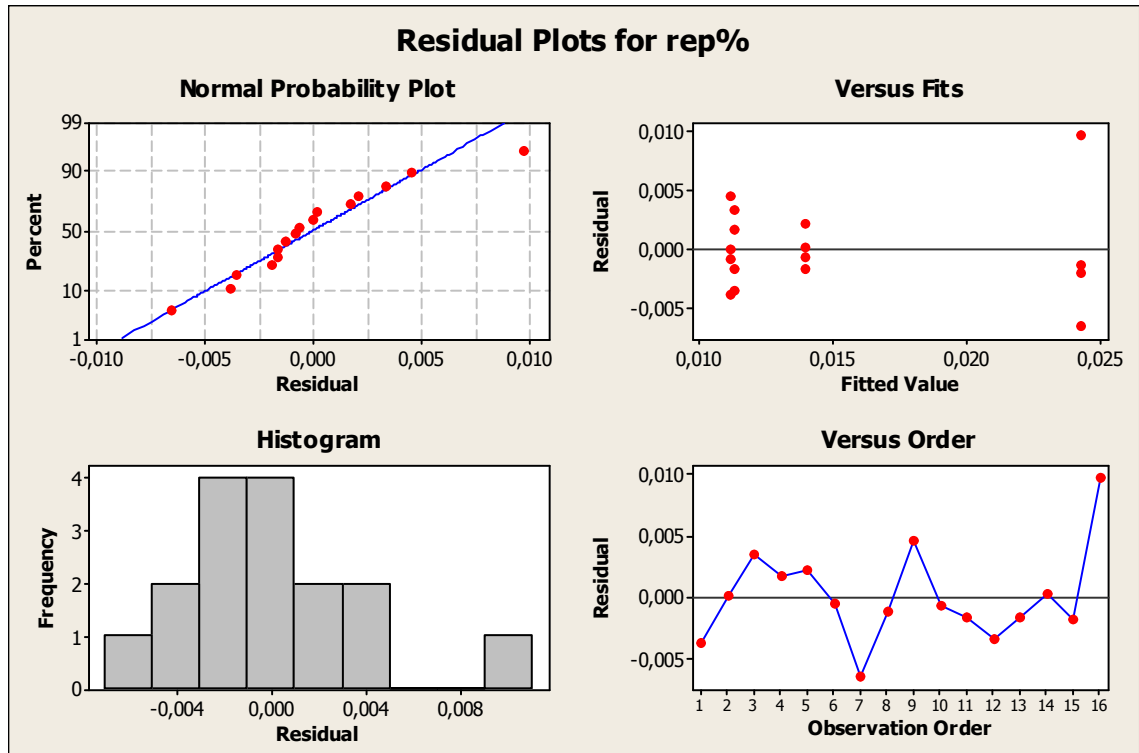
Kynsien korkeuden vaikutus reprint-määriin on kuvan 17 perusteella merkittävä.

Keskinäisvaikutuskuvaajan (kuva 18) mukaan muuttujilla on jonkinlaisia yhtenäisvaikutuksia. Suurimmaksi kuvan perusteella nousee liitteiden lukumäärä sekä kynsien korkeus.



Kuva 18. Keskinäisvaikutukset

Kaikki residuaalikuvaajat (kuva 19) näyttäisivät siltä, että DOE:n tulokset voidaan hyväksyä.



Kuva 19. Residuaali-kuvaajat

9.3 Päätelmät

Kokeen perusteella reperiiniin merkittävimmin vaikuttaa kynsien korkeus, liitteiden määrä asemassa, sekä näiden yhtenäisvaikutus. Kannattaa kuitenkin pienellä varauksella suhtautua lopputulokseen, koska selitysasteeksi näiden kolmen tekijän vaikutuksista tuli noin 70 %.

Sienellä ja alustan kulmalla ei ole tilastollista merkitystä reprint-määriin.

10 Parannustoimenpiteet

Projektin ansiosta on tunnistettu tarkemmin niitä tekijöitä, jotka aiheuttavat tuotannolle päänvaivaa liitteellisten töiden kanssa.

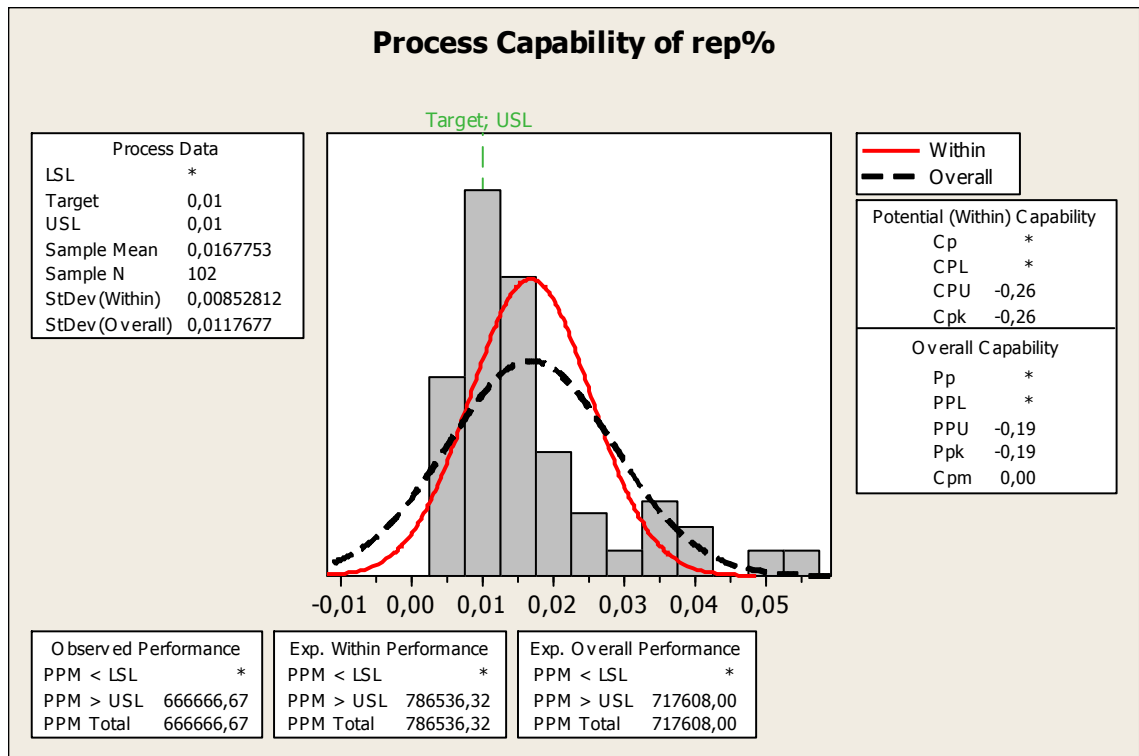
Tulosten perusteella kynsien korkeuden vaikutus on tunnistettu. Nyt tiedetään että kynsien etäisyyden ollessa $< 0,3$ mm se vaikuttaa reprintiin pienentävästi. Olisi mielekästä selvittää, mikä olisi kynsille optimaalinen korkeus, mutta sen selvittäminen tämän projektin aikataulussa on mahdotonta. Seuraavassa projektissa olisikin kiintoisaa tehdä kynsien korkeudelle tarkempi koesuunnitelma. Tämän avulla voitaisiin aikaansaada taulukko, josta kuoritusoperaattori voisi suoraan saada tiedot siitä, kuinka korkealle kynnet tulisi säätää tietyn paksuisen liitteen mukaan.

Parametrisäätöihin tehtävä muutos siitä, minne liitevirheestä johtuva lähetys ohjautuu, vaatii tarkempaa pohdintaa ja prosessin hiontaa ennen muutoksen tekemistä suuren virhekuoritusriskin takia.

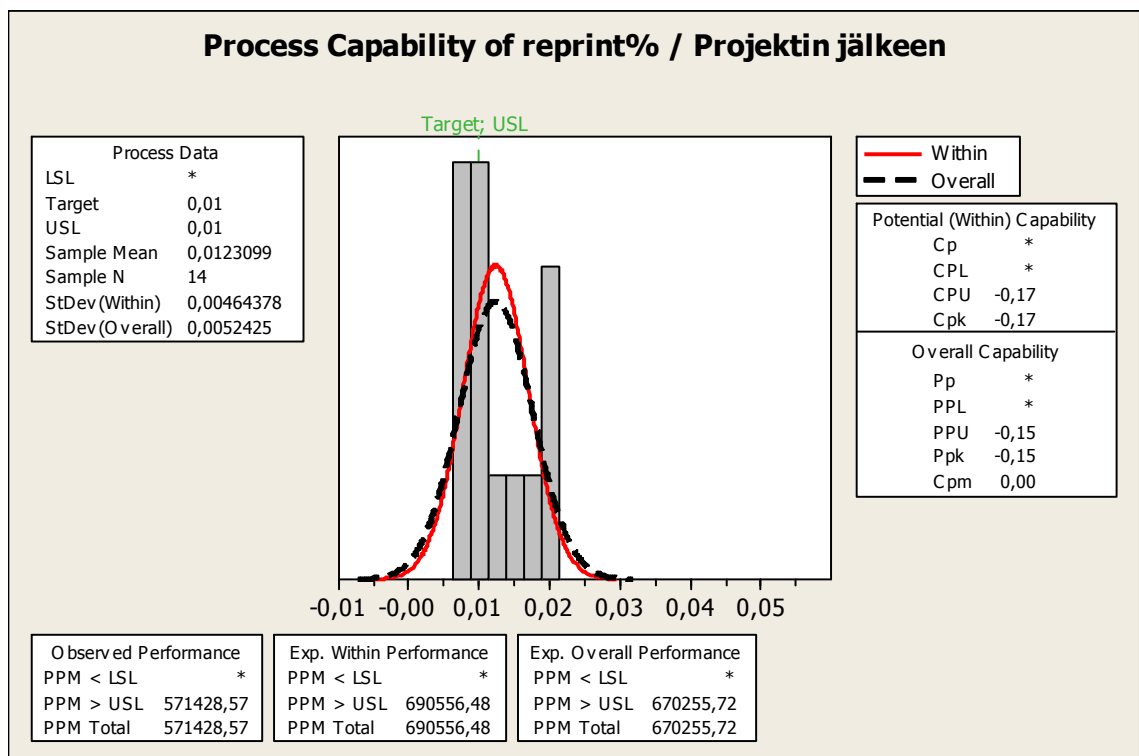
Taulukosta 10 voidaan tarkastella, kuinka reprint-% muuttui projektin aikana. Kuvista 20 ja 21 nähdään prosessin suorituskyky ennen projektia ja projektin jälkeen reprint-%:in osalta.

Taulukko 10: Prosessin tunnusluvut ennen ja jälkeen projektin

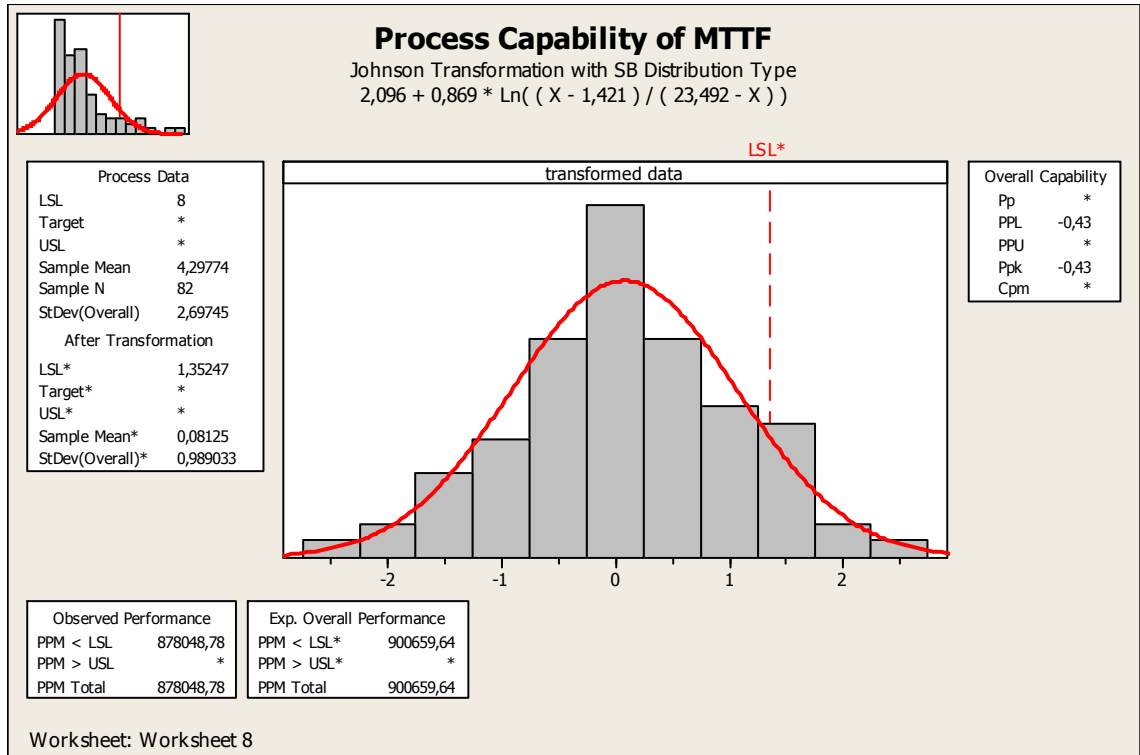
Tunnusluku	Prosessin alustava suorituskyky	Projektin jälkeinen suorituskyky	Muutos
Keskiarvo	1,68 %	1,23 %	-27 %
Standardipoikkeama	0,85 %	0,46 %	-46 %
PPM Total	717 608	670 255	-7 %
Cpk	-0,26	-0,17	35 %



Kuva 20. Prosessin suorituskyky ennen projektia

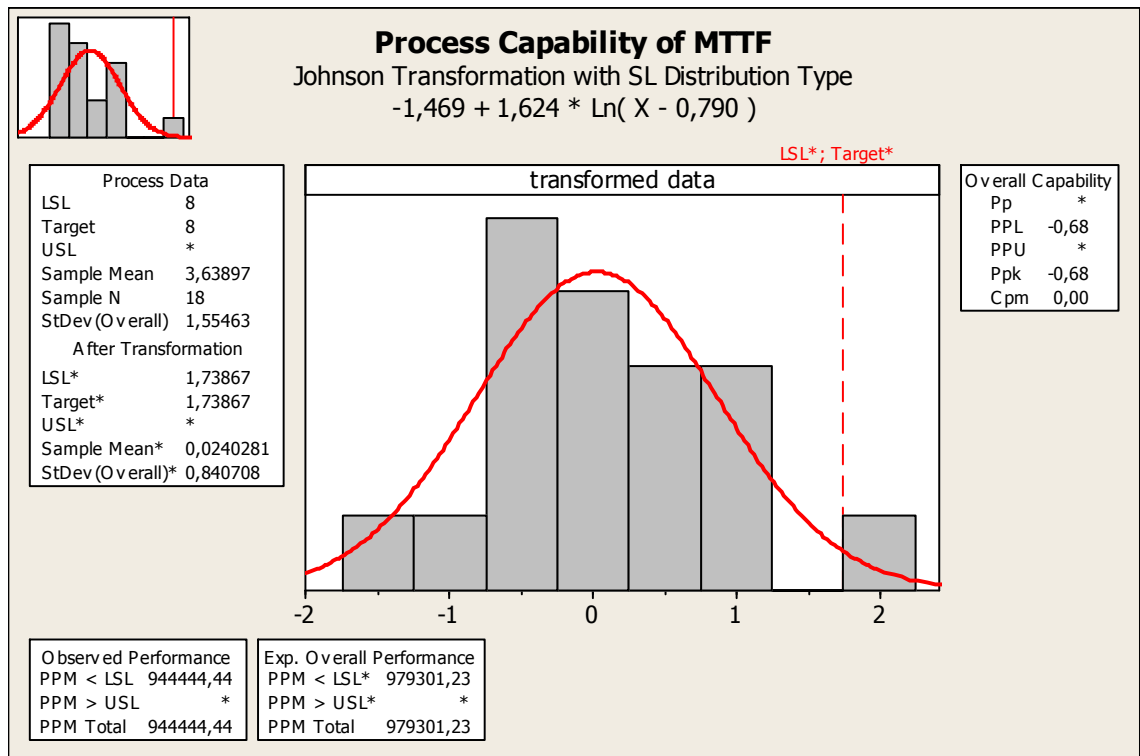


Kuva 21. Prosessin suorituskyky nykytilassa



Kuva 22. MTF, prosessin suorituskyky ennen projektia

Kuvassa 22 ja 23 nähdään MTF:n suorituskyvyt ennen ja jälkeen projektin.



Kuva 23. MTF prosessin suorituskyky nykytilassa

11 Ohjaussuunnitelma

Jatkossa reprint-määriä tullaan seuraamaan viikko- ja kuukausikohtaisesti. Kuvassa 24 ohjaussuunnitelma aikaisemmasta BB-projektista, johon ei muuta muutosta tullut, kuin reprint-määrän alentaminen alle 1 %:iin.

Control Plan - Ohjaussuunnitelma												Päivitetty
Reprint -määrän vähentäminen												7.10.2011
___ Prototyyppi			___ Esiajo			Tuotanto						Sivu_ / _
Control Plan Numero: 1						Avain kontakti/ puhelin			Pvm. (Orig.)		Pvm. (Rev.)	
Osan numero/ Viimeisin muutostaso: 10						Ydin tiimi			Asiakkaan insinöörin hyväksyntä/Pvm. (If Req'd)			
Osan nimi/ kuvaus						Toimittaja/Tehdas/hyväksyntä/Pvm			Asiakkaan laadun hyväksyntä/Pvm. (If Req'd)			
Toimittaja/ Tehdas				Toimittaja koodi		Muut hyväksynnit/Pvm. (If Req'd)			Muut hyväksynnit/ Pvm. (If Req'd)			
Osa/Prosessi numero	Prosessin nimi/ toiminnon kuvaus	Kone, Laite, Työkalu, Apuvälineet koneelle	Ominaisuudet			Special Char. Class.	Tuote/ prosessi vaatimusten toleranssit	Arvio mittausmenetelmästä	Näyte		Ohjausmenetelmä	Toimintasuunnitelma
			No.	Tuote	Prosessi				Koko	Taajuus		
1	4V-Tulostus	Perle / iGen		Tulostettu A4 / rulla	4V-tulostus		Delta-E <2	Spektrofotometri	3 kpl	1 / vuoro	SPC	Kalibrointi / huolto
2	MV-Tulostus	EPS / Nuvera / Sedona		Tulostettu A4 / rulla	MV-tulostus		Ei häipymiä yms.	Visuaalinen	1 kpl	Per työ / rullanvaihto	Tuotannon esimiehet valvovat	SOP
3	Kuoritus	Liiteasema		Valmis kirjekuori	Liitteistys		Ei tuplia, liitteet oikein	Tuplakontr olli	1 kpl	Joka työn alussa / aikana	Tuotannon esimiehet valvovat	SOP
4	Kuoritus	Kuoriasema		Valmis kirjekuori	Kuoritus		Suljettu, reprint-% < 1,5	SRM	1 kpl	Joka työn alussa / aikana	Tuotannon esimiehet valvovat / SRM	SOP
5	Kuoritus	Taitto		Valmis kirjekuori	Taitto		+/- 100 mikronia	Visuaalinen	1 kpl	Joka työn alussa / aikana	Tuotannon esimiehet / operaattorit valvovat	SOP
6	Kuoritus	Leikkuri		Valmis kirjekuori	Leikkaus		Arkkiä koko +/- 200 mikronia	Visuaalinen / mitta	1kpl	Joka työn alussa / aikana	Tuotannon esimiehet / operaattorit valvovat	SOP

Kuva 24. Ohjaussuunnitelma [1.]

12 Loppupäätelmät

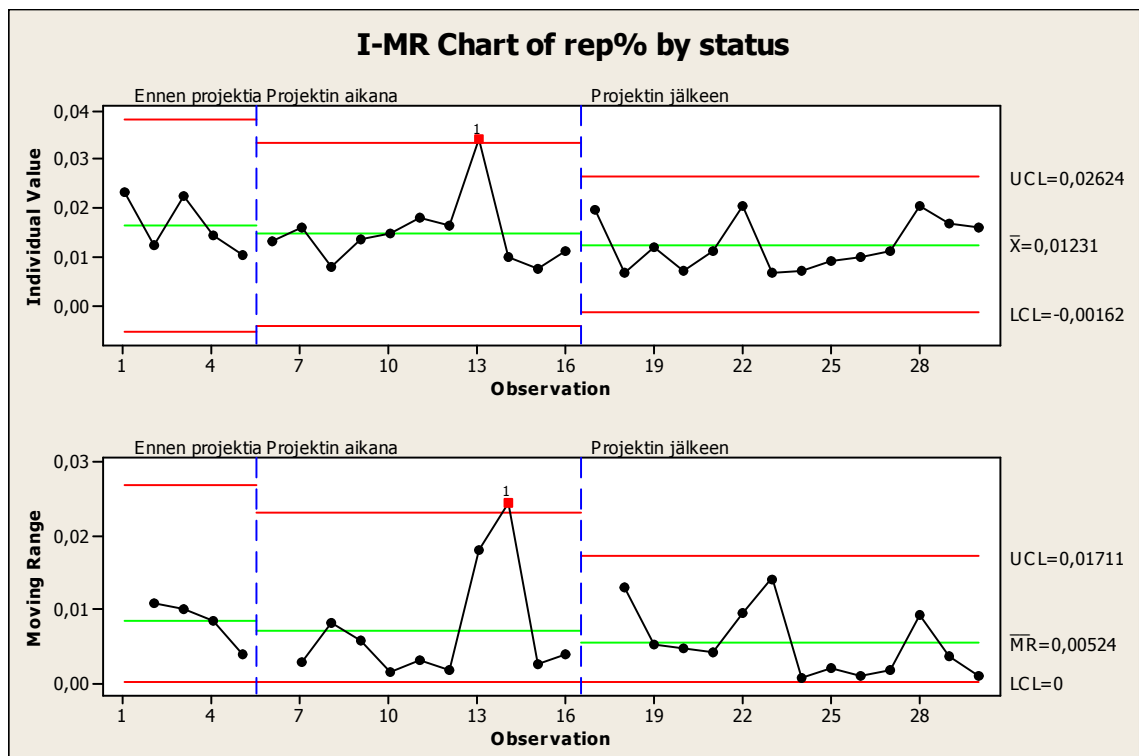
12.1 Saavutukset ja taloudelliset tulokset

Taulukossa 11 on esitetty projektin lähtötilanne, tavoitteet ja tulokset.

Taulukko 11: Projektin saavutukset

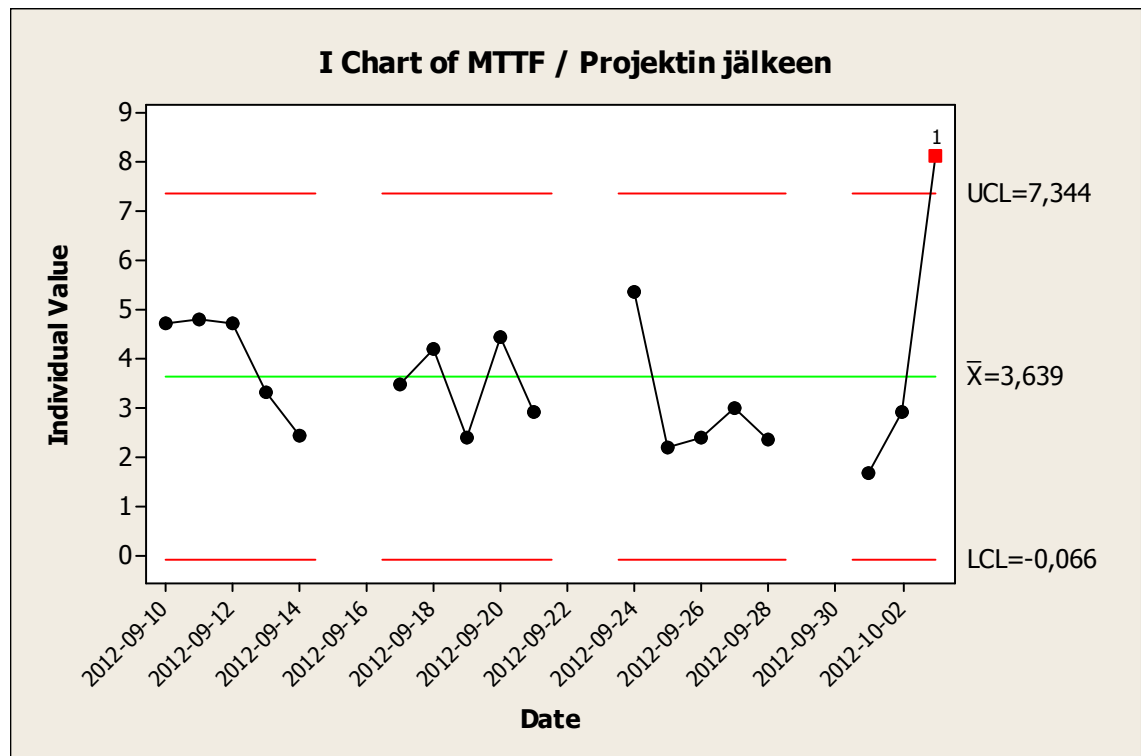
Mittari	Lähtötilanne	Tavoite	Projektin jälkeinen tilanne	Status
Reprint -%	1,68 %	< 1,0 %	1,23 %	Saavuttamatta, positiivinen kehitys
MTTF	4,3 min	> 8 min	3,6 min	Saavuttamatta
Käyttöaste		> 62 %	60 %	Saavuttamatta
Säästötavoite	48.000 €	24.000 €	38.000 €	Saavuttamatta, positiivinen kehitys

Kuvassa 25 näkyy mittari XXXXXXXXXX-vaiheiden reprint-%:n kehityksestä projektin aikana. Alun perin reprinttiä tuli 1,68 % ja projektin jälkeen se on saatu alenemaan 27 %:lla 1,23 %:iin. Tavoitteeseen ei aivan tällä kertaa yletty, mutta suuntausta voidaan pitää oikeana.



Kuva 25. Reprint-%:n kehitys projektin alusta loppuun

MTTF:ää ei projektin aikana saatu muutettua ainakaan parempaan suuntaan. (Kuva 26.) Toisaalta MTTF ei välttämättä ollutkaan oiva mittari tarkastella liitteellisten ajojen aiheuttamaa ongelmaa, koska koneen pysähtymiseen voi vaikuttaa niin moni asia. Tulevaisuudessa mittaria voidaan varmasti tarkastella, kun prosessitietämys kasvaa, ja koneen pysähdysten joukosta voidaan luotettavasti kaivaa esiin liitepysähdykset muiden pysähdysten joukosta.



Kuva 26. MTTF projektin jälkeen

Kaiken kaikkiaan prosessin tuntemus projektin aikana parani, joka näkyy laskeneena reprint-prosenttina. Projektin jälkeen on tunnistettu, että reprint-% on alhaisempi silloin, kun kynsi on alle 0,3 mm, alustan kulma on 8, sieni on käytössä ja liitteiden määrä on vähäinen (tasolla 1). Varsinaisia muutoksia tuotannon toimintatapoihin ei tämän projektin perusteella tehty. Käytäntöjen muuttaminen vaatii tarkempia tuloksia varsinkin sellaisten muuttujien kohdalla, joiden säätäminen ei ole pelkästään päällä / pois päältä.

12.2 Opitut asiat ja suositukset

Projektin avulla tunnistettiin niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat eniten liitteellisissä ajoissa hukan syntyyn. Prosessintuntemus parani tältä osin. Tämän projektin perusteella merkittävimmiksi tekijöiksi nousut kynnen etäisyys on asia, johon olisi jatkossa mielekästä löytää optimiasetukset. Tämä projekti onkin hyvä pohja mahdollista jatkoprojektia varten, jossa kynsien etäisyyksiin paneuduttaisiin yksityiskohtaisemmin.

Parametrisäätöihin tehtävä muutos liitteen lopulliselle sijainnille on myös seikka, jota tulisi miettiä jatkossa. Jos tähän löytyisi jonkinlainen ratkaisu, ja lähetys voitaisiin ohjata ulostuloradalle check-binin sijaan, se tulisi vaikuttamaan huomattavasti reprint-%:n laskuun. Toisaalta sillä ei olisi MTTF:ään mitään vaikutusta.

Prosessituntemuksen lisääntyessä voidaan tutkia, tulisiko Strålforsin liiteohjeistuksen tehdä lisäyksiä/muutoksia. Tämän projektin perusteella yrityksen sisäisen liiteohjeistuksen muuttaminen ei vielä ole tarpeellista.

12.3 Loppukommentit ja tulevaisuuden suunnitelmat

Kaiken kaikkiaan projekti venyi hieman sille asetetusta aikataulusta. Osasyynä oli ainakin analyysivaiheeseen saatavan tutkimusdatan puuttuminen juuri silloin kun sitä tarvittiin. Tämä johtui siitä, että liitteellisiä [REDACTED]-ajoja ei tullut joka kuukausi.

Projektia voidaan pitää osin onnistuneena. Vaikka varsinaiseen lopputulokseen ei aivan päästy reprint-%:n osalta, prosenttilukema pieneni kuitenkin merkittävästi alaspäin. Arvioidut kustannussäästöt reprint-%:n alenemiselle ovat vuositasolla 10.000 €. Tulevaisuudessa tämä projekti poikinee uuden BB-projektin, jonka tarkoituksena olisi löytää kynsien etäisyydelle optimiasetukset liitteen paksuuden mukaan.

Vaikka sen kummempaa konkreettista muutosta tuotannossa ei tehtykään, prosessintuntemus parani Six Sigma -protokollan mukaisten apuvälineiden käytön myötä. Seuraavan projektin ajankohta tulisikin asettaa melko pian tämän projektin loputtua, jotta tuoreessa muistissa olevat asiat eivät unohtuisi ja projektien vetämisestä syntyisi kunnon rutiini.

Toivon opinnäytetyön avulla oppivani käyttämään Six Sigma -menetelmiä niin, että jatkossa vastaavanlaisten projektien läpivienti onnistuisi rutiininomaisesti näitä menetelmiä hyödyntäen.

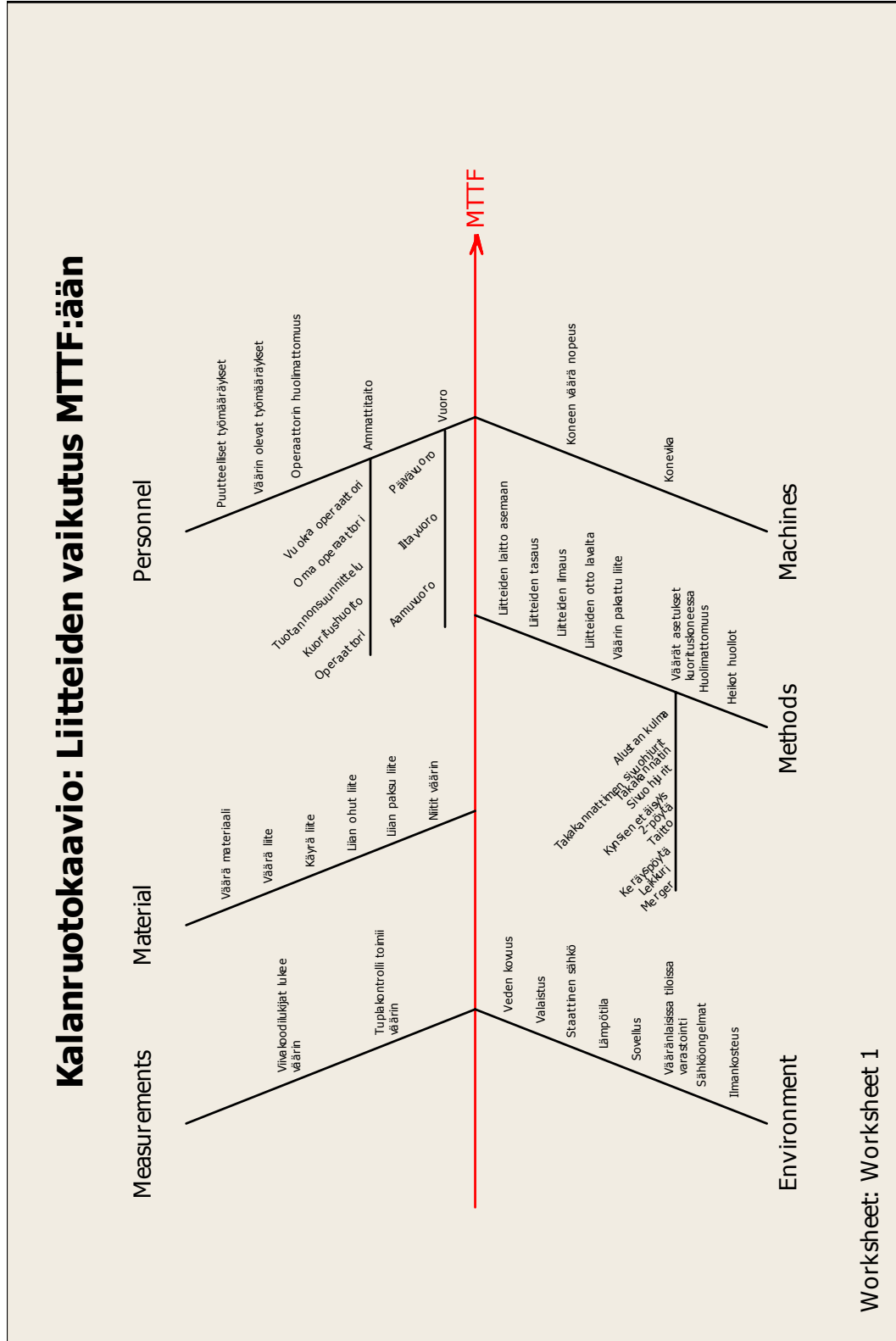
Lähdeluettelo

- 1 Reprint, Black Belt / Green Belt projekti. 2011. Strålfors Oy
- 2 Instructions Inserts – Ohje liitteiden tuotantoa varten
- 3 Quality Knowhow Karjalainen Oy. Minitab koulutus. Luentomateriaali. 2011. Strålfors Oy
- 4 Quality Knowhow Karjalainen Oy. Green Belt koulutus. Luentomateriaali. 2011. Strålfors Oy
- 5 Broberg, Jussi. Haastattelut projektin aikana. 2012. Strålfors Oy

DMAIC-projektin määrittely

DMAIC-PROJEKTIN MÄÄRITTELYLOMAKE		
Projektin nimi: Liitteiden vaikutus MTTF:ään		
Projektin johtaja: Tiina Horto	Tiimin jäsenet: Jussi Broberg	
Liiketoimintatapaus: Tuotannosta tulevat reprintit eli hukka aiheuttavat ylimääräisiä materiaalikustannuksia, menetettyä kone- / ja työaikaa sekä materiaalien hävittämisestä aiheutuvia kustannuksia. Aikaisemmassa BB-projektissa selvisi, että suurin reprinttiä aiheuttava tekijä on liitteelliset ajot. Lisäksi liitteistä aiheutuvat ongelmat vievät asiakaspalvelun ja myynnin aikaa.	Eero Lasse Jenni Tiina Horto	
Ongelman asetus: Liitteelliset ajot aiheuttavat merkittävästi enemmän ongelmia kuorituksessa verrattuna liitteettömiin ajoihin. Reprint-% on xxx korkeampi ja nettoulostulo on huonompi. Emme myöskään täysin ymmärrä, miten liiteasemat säädetään parhaalla mahdollisella tavalla. Lisäksi liiteohjeet eivät välttämättä pidä paikkaansa.	Tavoitteen asetus: <ul style="list-style-type: none"> • Laskea liitteellisten ajojen reprint-%:a < 1 % • Nettoulostulon kasvattaminen • Speksit liitteille • Speksit liiteasemien säädöille 	
Projektin laajuus: Projektissa käsitellään jatkolomaketuotannon C5 sovelluksia ja Strålforsin omia tuotantoprosesseja. Projektin aikana ei ole tarkoitus olla yhteydessä liitetoimittajiin tai asiakkaisiin.	Osakkaat: <ul style="list-style-type: none"> • Jatkolomakekuoritus • Huolto • Liitetoimittajat • Asiakkaat 	
Alustava suunnitelma:	Tavoite ajankohta:	Todellinen ajankohta:
	Aloitusajankohta: 28.11.2011	22.12.2012
	MÄÄRITTELY 21.12.2011	27.1.2012
	MITTAUS 17.2.2012	17.2.2012
	ANALYSOINTI 24.2.2012	2.7.2012
	PARANNUS 9.3.2012	3.9.2012
	OHJAUS 23.3.2012	26.9.2012
	Päätösajankohta 30.3.2012	1.10.2012

Kalanruotokaavio

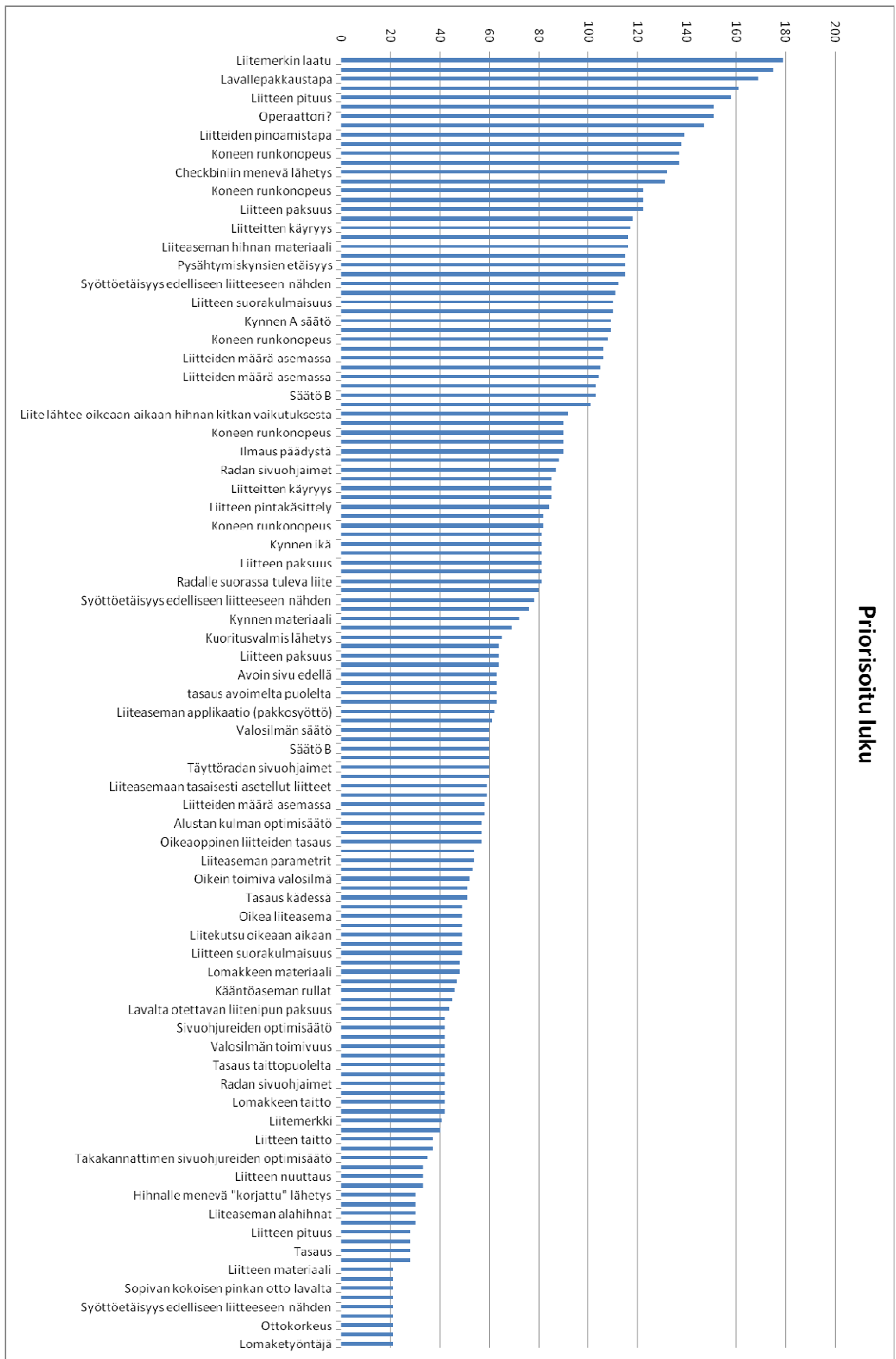


SIPOC-kuva

SIPOC - Projektin rajaaminen					Päivitetty
Jatkolomakekuorituksen liiteongelmat					11.1.2012
Suppliers	<i>Parannuskohde</i>				Customer
Toimittajat	Input't	Prosessi	Output't		Asiakas
Edita	Sisääntulot = X't		Ulostulot = Y't	Speksit	Tuotanto
Strålfors	Liitteen ominaisuudet	Materiaalin tilaus	Reprint-%		Myynti
Hansaprint	Kuoren ominaisuudet		Nettoulostulo		Asiakaspalvelu
Kern	Operaattori	Materiaalin varastointi	MTTF		Loppuasiakkaat
	Huolto				
	Liitteiden määrä (max 4)	Koneen lataus			
	Koneen runkonopeus				
	Arkkien määrä	Paperiradan halkaisu			
	Liiteaseman säädöt				
	Fyysinen liiteasema	Luenta			
	Tulostustekniikka				
	Kuoritusmerkit	Pituusleikkaus			
	Työmääräys				
	Tuotannonohjausjärjestelmä	Taitto			
	Varastointi				
		Liitteistys			
		Kuoritus			
		SRM hyväksyntä/hylkäys			
		Valmis tuote			

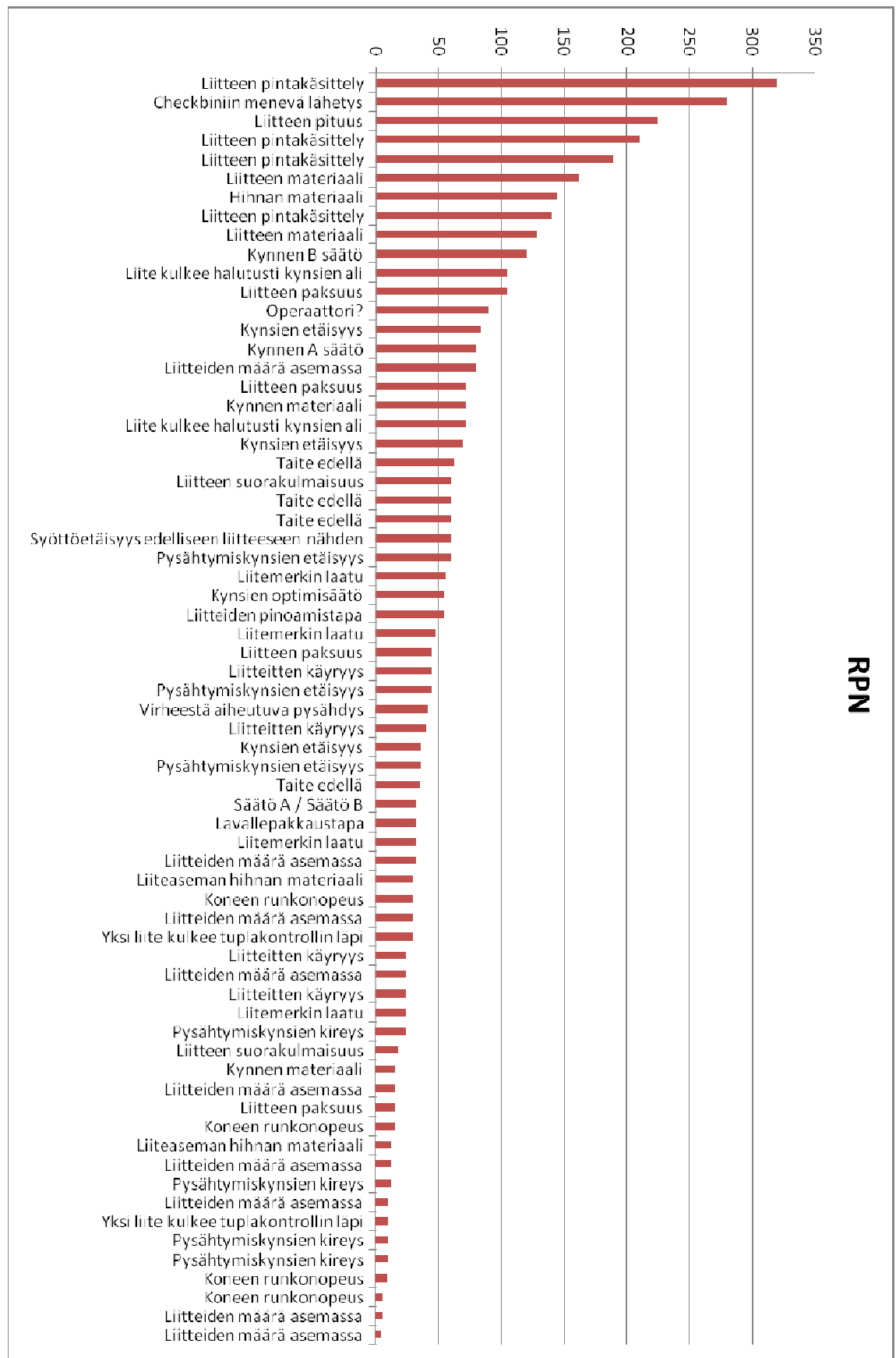
XY-matriisi ja -kuvaaja

	Prosessi vaihe	Muuttujan nimi	Tyyppi (y/X/x)	Luokka (S/C/N/K R)				Prioritetettu luk
78	Kuoritusmerkin liitekutsu laukaisee liitteistyksen	Liitemerkin laatu	x	N	9	7	9	179
94	Liite kulkee kynsien ali	Kynsien etäisyys	x	C	10	3	10	175
51	Liiteiden otto lavalta	Lavallepakkausta pa	x	S	10	6	7	169
9	Kynsien etäisyyden säätö	Liitteen paksuus	x	S	10	3	8	161
1	Parametrisäädöt	Liitteen pituus	x	S	8	6	8	158
104	Liite kulkee kynsien ali	Liite kulkee halutusti kynsien ali	y	KR	7	5	9	151
12	Kynsien etäisyyden säätö	Operaattori?	x		9	7	5	151
2	Parametrisäädöt	Virheestä aiheutuva pysähdys (meneekö hihnalle vai checkbiniin)	x	C	10	10	1	147
52	Liiteiden otto lavalta	Liitteiden pinoamistapa	x	S	8	5	6	139
108	Liite kulkee tuplakontrollin läpi	Yksi liite kulkee tuplakontrollin läpi	y	KR	9	3	6	138
82	Kuoritusmerkin liitekutsu laukaisee liitteistyksen	Koneen runkonopeus	x	C	5	10	6	137
87	Pakkosyöttö laukaisee liitteet	Koneen runkonopeus	x	C	5	10	6	137
6	Parametrisäädöt	Checkbiniin menevä lähetys	y	C	10	7	1	132
90	Hihna ottaa liitteen pinkan alta	Hihnan materiaali	x	C	9	3	5	131
91	Hihna ottaa liitteen pinkan alta	Koneen runkonopeus	x	C	5	7	6	122
48	Alustan kulman säätö	Liitteen pintakäsittely	x	S	8	3	5	122
105	Liite kulkee tuplakontrollin läpi	Liitteen paksuus	x	S	9	4	3	122
72	Liitteen asettaminen asemaan	Taite edellä	x	C	6	3	7	118



FMEA-matriisi ja -kuvaaja

Prosessi vaihe	Muuttujan nimi	Vikatila	Vaikutus	Syy	Vakavuus	Esiintyminen	Löydetävyys	RPN	
Kynsien etäisyyden säätö	Liitteen pintakäsittely	Pintakäsittelystä johtuen liian alhaalla olevat kynnet	Liian alas säädetyt kynnet	Ei osata säätää oikein pintakäsittelyn vaikutus huomioiden		8	5	8	320
Parametrisäädöt	Checkbiniin menevä lähetys	Ok lähetys menee checkbiniin	Syntyy reprinttiä ja paperijätettä	Parametrisäätöjen asetukset ohjelmoitu niin, että pysähdyksestä aiheutuva lähetys ohjautuu checkbiniin		8	5	7	280
Parametrisäädöt	Liitteen pituus	Parametrisäätöihin asetettu mitta ei vastaa liitteen todellista mitta	Kone ei tunnista liitettä	Parametrisäädöissä väärä liitteen pituus		8	4	7	224
Alustan kulman säätö	Liitteen pintakäsittely	Jyrkkä alustan kulma	Alustan kulma säädetty liian jyrkäksi	Ei osata säätää alustan kulmaa ottaen huomioon liitteiden pintakäsittely		6	5	7	210
Kynsien etäisyyden säätö	Liitteen pintakäsittely	Pintakäsittelystä johtuen liian ylhäällä olevat kynnet	Liian ylös säädetyt kynnet	Ei osata säätää oikein pintakäsittelyn vaikutus huomioiden		3	7	9	189
Kynsien etäisyyden säätö	Liitteen materiaali	Materiaalista johtuen liian ylhäällä olevat kynnet	Liian alas säädetyt kynnet	Ei osata säätää oikein materiaalin vaikutus huomioiden		3	6	9	162
Hihna ottaa liitteen pinkan alta	Hihnan materiaali	Hihna ei saa liitettä mukaansa kitkan vaikutuksesta	Kone pysähtyy	Liitteelle epäsopeva hihnan materiaali		9	2	8	144
Alustan kulman säätö	Liitteen pintakäsittely	Loiva alustan kulma	Alustan kulma säädetty liian loivaksi	Ei osata säätää alustan kulmaa ottaen huomioon liitteiden pintakäsittely		5	4	7	140
Kynsien etäisyyden säätö	Liitteen materiaali	Materiaalista johtuen liian alhaalla olevat kynnet	Liian ylös säädetyt kynnet	Ei osata säätää oikein materiaalin vaikutus huomioiden		8	2	8	128
Kynsien etäisyyden säätö	Kynnen B säätö	Kynsi ylempänä/alempana kuin toinen kynsi	Kynnet eri korkeudella	Toinen kynsi kuluneempi kuin toinen		5	3	8	120
Liite kulkee kynsien ali	Liite kulkee halutusti kynsien ali	Liite ei kulje halutusti kynsien ali	Kone pysähtee	Väärät kynsien säädöt		7	3	5	105
Liite kulkee tuplakontrollin läpi	Liitteen paksuus	Liitteitä kuluu enemmän kuin pitäisi	Lähetyskseen menee enemmän kuin 1 liite	Tuplakontrolli säädetty liian löysälle		5	3	7	105
Kynsien etäisyyden säätö	Operaattori?	Väärin säädetyt kynnet	Kynsien etäisyys ei ole oikea	Ei osata säätää kynsiä oikein		5	6	3	90
Liite kulkee kynsien ali	Kynsien etäisyys	Liite ei etene liiteasemasta	Kone pysähtyy	Kynnet liian kireällä		7	3	4	84
Kynsien etäisyyden säätö	Kynnen A säätö	Kynsi ylempänä/alempana kuin toinen kynsi	Kynnet eri korkeudella	Mitta-asteikko puuttuu		5	2	8	80
Alustan kulman säätö	Liitteiden määrä asemassa	Jyrkkä alustan kulma	Alustan kulma säädetty liian jyrkäksi	Ei osata säätää alustan kulmaa ottaen huomioon liitteiden määrä asemassa		5	4	4	80
Kynsien etäisyyden säätö	Liitteen paksuus	Kynnet liian alhaalla	Liian alas säädetyt kynnet	Ei osata säätää oikein		6	3	4	72
Kynsien etäisyyden säätö	Kynnen materiaali	Kynnen materiaali huomioiden kynnet liian alhaalla	Liian alas säädetyt kynnet	Ei osata säätää oikein kynnen materiaalin vaikutus huomioiden		6	3	4	72
Liite kulkee kynsien ali	Liite kulkee halutusti kynsien ali	Liite ei kulje halutusti kynsien ali	Syntyy paperijätettä ja reprinttiä	Väärät kynsien säädöt		8	3	3	72
Liite kulkee kynsien ali	Kynsien etäisyys	Liian monta liitettä lähtee liiteasemasta	Lähetyskseen menee enemmän kuin 1 liite	Kynnet liian löysällä		5	2	7	70
Liitteen asettaminen asemaan	Taite edellä	Liitteet eivät asetu tasaisesti asemaan	Liitteet eivät asetu tasaisesti asemaan	Liitteiden taitossa vaihtelua (paksumpaa ja ohuempaa?)		3	3	7	63
Takakannattimen säätö	Liitteen suorakulmaisuus	Takakannatin liian edessä	Liian eteen säädetty takakannatin	Ei osata säätää oikein liitteen suorakulmaisuuden vaikutus huomioiden		5	4	3	60
Liite kulkee kynsien ali	Taite edellä	Liite ei etene liiteasemasta	Kone pysähtyy	Taitekohdan paksuus vaihtelee liitteissä		5	2	6	60
Liite kulkee kynsien ali	Taite edellä	Liian monta liitettä lähtee liiteasemasta	Kone pysähtyy	Taitekohdan paksuus vaihtelee liitteissä		5	2	6	60
Liite kulkee tuplakontrollin läpi	Syöttöetäisyys edelliseen liitteeseen nähden	Liian tiheä	Kone pysähtyy	Takakannattimen kulmaa ei ole säädetty oikein		6	2	5	60



Analyysivaiheen muut tutkitut tekijät

8.1 Liitteiden lukumäärä asemassa

Käytännössä on havaittu ettei [REDACTED]-liitettä kannata asettaa liikaa liiteasemaan, jotta liite kulkisi asemasta mahdollisimman sujuvasti. Datankeruuta varten liiteaseman kokonaispituus jaettiin kolmeen tasoon. 1-taso kattaa 1/3 liiteaseman kokonaispituudesta 2-taso 2/3 ja 3-taso 3/3. Koska liiteasema ei koskaan ole täynnä (3-taso), seuraavia tuloksia on tarkasteltu kahdella tasolla:

Descriptive Statistics: rep%

		Liitteiden						
Variable	lkm	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Sum	Minimum
rep%	1	8	0	0,01254	0,00103	0,00292	0,10030	0,00733
	2	8	0	0,01777	0,00302	0,00853	0,14216	0,00775

		Liitteiden			
Variable	lkm	Q1	Median	Q3	Maximum
rep%	1	0,01054	0,01280	0,01528	0,01611
	2	0,01049	0,01621	0,02282	0,03401



Kuva 27. Liitteiden lukumäärä liiteasemassa, reprint-% hajonnat kummassakin tapauksessa

Two-Sample T-Test and CI: rep%; Liitteiden lkm

Two-sample T for rep%

Liitteiden

lkm	N	Mean	StDev	SE Mean
1	8	0,01254	0,00292	0,0010
2	8	0,01777	0,00853	0,0030

Difference = mu (1) - mu (2)

Estimate for difference: -0,00523

95% CI for difference: (-0,01259; 0,00212)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -1,64 P-Value = 0,139 DF = 8

Two-Sample T-testistä T-arvoksi tuli -1,64. T-arvon avulla malli laskee kuinka merkittävä tulos on alfatason ollessa 0,05. Merkittävyys, eli P-arvo on suurempi kuin 0,05, jonka perusteella meillä ei ole riittävästi todistusta siitä että näytteiden keskiarvojen välillä olisi tilastollisesti merkittävää eroa (kuva 27.). Jatketaan siis eri tekijöiden vaikutusten tutkimista.

8.2 Alustan kulma

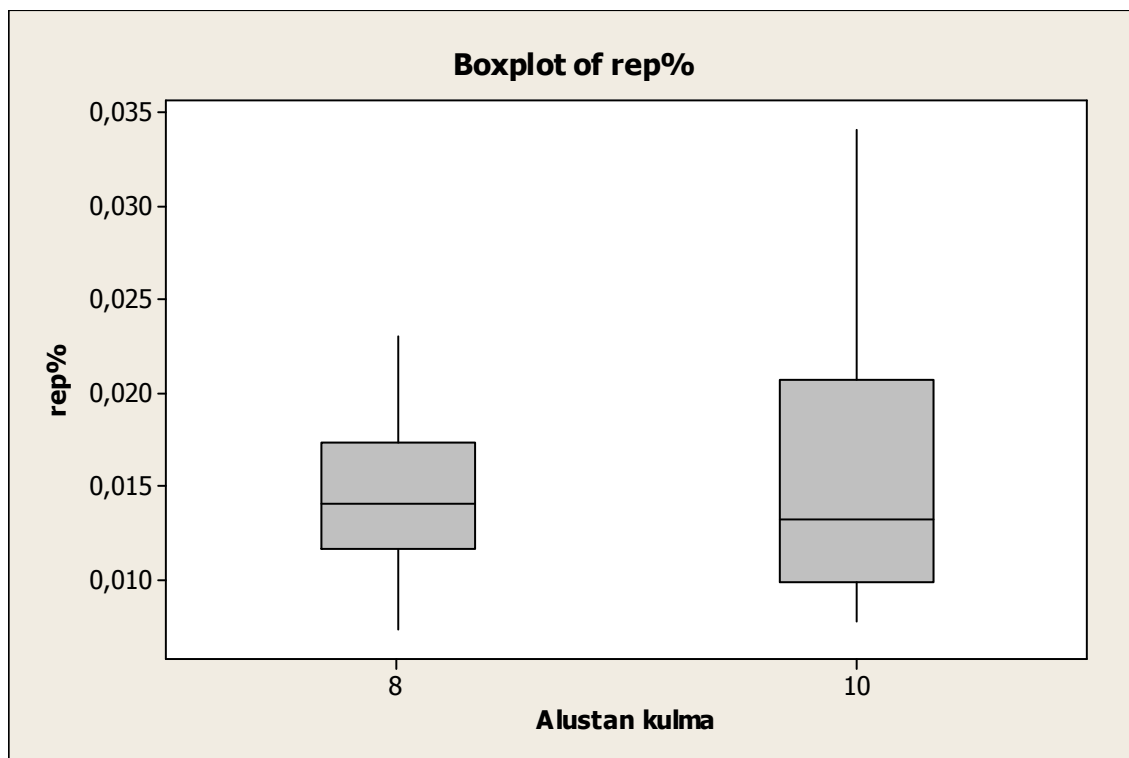
Alustan kulma on yksi niistä liiteaseman keskeisimmistä säädöistä jolle projektin pohjalta olisi mielenkiintoista löytää optimiasetus. Seuraavassa tarkastellaan kulman säätöä kahdella tasolla astelukuina 8 ja 10.

Descriptive Statistics: rep%

Variable	Alustan								
	kulma	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Sum	Minimum	Q1
rep%	8	8	0	0,01454	0,00164	0,00465	0,11629	0,00733	0,01159
	10	8	0	0,01577	0,00305	0,00863	0,12617	0,00775	0,00982

Variable	Alustan			
	kulma	Median	Q3	Maximum
rep%	8	0,01401	0,01731	0,02298
	10	0,01321	0,02066	0,03401

Statistiikka kertoo, että reprinttiä syntyy enemmän kun alustan kulma on 10°. Keskiarvot kummassakin tapauksessa ovat 1,45 % ja 1,58 %. Jälkimmäisessä, eli alustan kulman ollessa 10°, keskihajonta on kuitenkin kaksinkertainen. Sama nähdään boxplot-kuvaajasta kuvasta 28.



Kuva 28. Alustan kulmien hajonnat

Two-Sample T-Test and CI: rep%; Alustan kulma

Two-sample T for rep%

Alustan kulma	N	Mean	StDev	SE Mean
8	8	0,01454	0,00465	0,0016
10	8	0,01577	0,00863	0,0031

Difference = mu (8) - mu (10)

Estimate for difference: -0,00123

95% CI for difference: (-0,00896; 0,00649)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0,36 P-Value = 0,729 DF = 10

P-arvo Two-Sample T-testissä on 0,729, joka kertoo ettei voida vetää johtopäätöstä siitä että liiteaseman pohjan kulman asetusten välillä olisi tilastollisesti merkittävää eroa.

8.3 Sieni

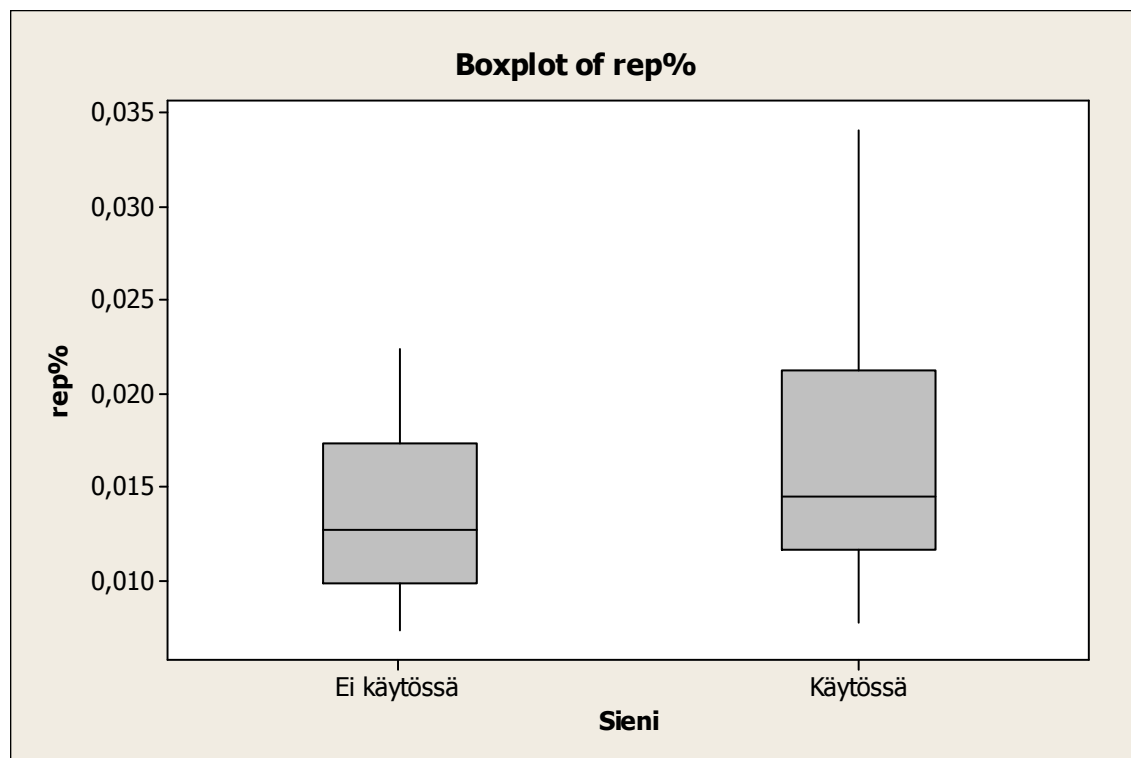
Liiteaseman alapuolelle asetetulla sienellä ollaan käytännössä koettu olevan merkitystä liitteen kulun kannalta. Sieni pitää liiteaseman pohjalla olevat hihnat kosteina ja samalla putsaten liitteistä hihnoihin jäävää väripölyä. Tämän ansiosta hihnoilla parempi kitka liitteeseen, joten liite lähtee helpommin asemasta kynsien ali radalle.

Descriptive Statistics: rep%

Variable	Sieni	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Sum	Minimum
rep%	Ei käytössä	8	0	0,01360	0,00173	0,00488	0,10880	0,00733
	Käytössä	8	0	0,01671	0,00291	0,00822	0,13366	0,00775

Variable	Sieni	Q1	Median	Q3	Maximum
rep%	Ei käytössä	0,00982	0,01266	0,01731	0,02233
	Käytössä	0,01166	0,01442	0,02115	0,03401

Statistiikan mukaan mitään eroa ei ole. Sama nähdään Boxplot-kuvaajasta kuvasta 29.



Kuva 29. Sienen käyttöön liittyvät hajonnat

Two-Sample T-Test and CI: rep%; Sieni

Two-sample T for rep%

Sieni	N	Mean	StDev	SE Mean
Ei käytössä	8	0,01360	0,00488	0,0017
Käytössä	8	0,01671	0,00822	0,0029

Difference = mu (Ei käytössä) - mu (Käytössä)

Estimate for difference: -0,00311

95% CI for difference: (-0,01055; 0,00434)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0,92 P-Value = 0,378 DF = 11

Myös Two-Sample T-testi osoittaa ettei näytteiden välillä ole eroa.

8.4 Parametrisäädöt, liitteen pituuden määrittäminen

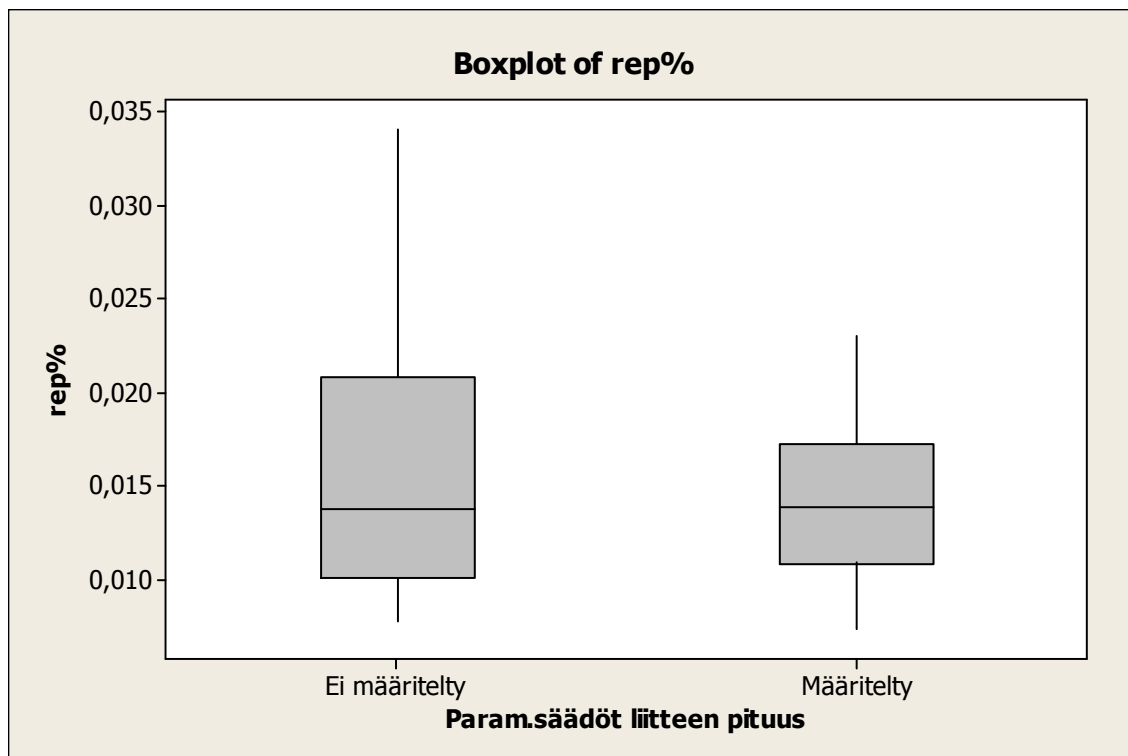
Kone tarkkailee liitteen pituutta sen kulkeutuessa liiteasemasta radalle. Tämä vaikuttaa ajoitukseen, ja sen avulla varmistetaan ettei kahta liitettä kulkeudu samanaikaisesti radalle. Ajon alkaessa operaattorin tulisi määrittää liitteen pituus kuorituskoneen parametrisäätöihin.

Descriptive Statistics: rep%

Variable	Param.säädöt							
	liitteen pituus	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1
rep%	Ei määritelty	8	0	0,01605	0,00301	0,00852	0,00775	0,01001
	Määritelty	8	0	0,01426	0,00168	0,00476	0,00733	0,01083

Variable	Param.säädöt			
	liitteen pituus	Median	Q3	Maximum
rep%	Ei määritelty	0,01371	0,02077	0,03401
	Määritelty	0,01387	0,01720	0,02298

Koska jatkolomakekuorituskoneilla kuoritetaan vain C5-kokoisia lähetyksiä, liitteen pituus ei suuremmin heittele tuotantoajosta toiseen. Statistiikan mukaan sillä, onko liitteen pituus määritelty, ei näyttäisi olevan suurta merkitystä. Sama nähdään boxplotista kuvasta 30.



Kuva 30. Liitteen pituuden määrittämisen hajonnat

Two-Sample T-testin mukaan näille ei löytynyt tilastollisesti merkittävää eroa ($P > 0,05$)

Two-Sample T-Test and CI: rep%; Param.säädöt liitteen pituus

Two-sample T for rep%

Param.säädöt				
liitteen pituus	N	Mean	StDev	SE Mean
Ei määritelty	8	0,01605	0,00852	0,0030
Määritelty	8	0,01426	0,00476	0,0017

Difference = mu (Ei määritelty) - mu (Määritelty)

Estimate for difference: 0,00179

95% CI for difference: (-0,00590; 0,00947)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0,52 P-Value = 0,616 DF = 10

Tämän perusteella liitteen pituuden määrittämisellä parametrisäätöihin ei ole sen suurempaa vaikutusta reprint-%:iin, vaikka hajontaa näyttäisikin olevan enemmän ei-määritellyissä ajoissa.

8.5 Parametrisäädöt, liite ajetaan asemasta avoin sivu / taite edellä

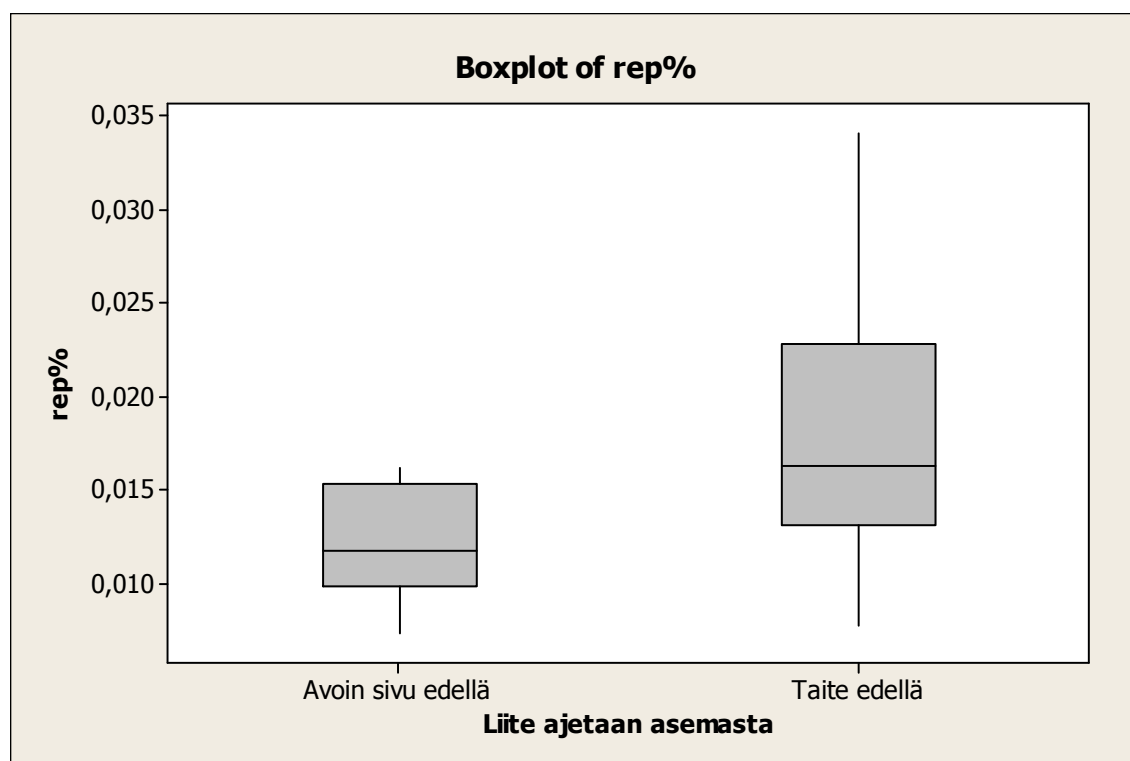
███-liite on 4-sivuinen liimasidottu liite. Liimasidonnin vuoksi liitteet on aseteltu liiteasemaan yleensä avoin sivu edellä. Tarkastellaan vaikuttaako liitteen asento re-printtiin.

Descriptive Statistics: rep%

Variable	Liite ajetaan asemasta	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum
rep%	Avoin sivu edellä	8	0	0,01208	0,00108	0,00307	0,00733
	Taite edellä	8	0	0,01823	0,00287	0,00812	0,00775

Variable	Liite ajetaan asemasta	Q1	Median	Q3	Maximum
rep%	Avoin sivu edellä	0,00982	0,01170	0,01528	0,01611
	Taite edellä	0,01310	0,01621	0,02282	0,03401

Statistiikan mukaan paremmaksi vaihtoehdoksi osoittautuu liitteen ajo asemasta avoin sivu edellä. (Kuva 31.)



Kuva 31. Hajonnat liitteen ajosuunnasta

Two-Sample T-Test and CI: rep%; Liite ajetaan asemasta

Two-sample T for rep%

Liite ajetaan asemasta	N	Mean	StDev	SE Mean
Avoin sivu edellä	8	0,01208	0,00307	0,0011
Taite edellä	8	0,01823	0,00812	0,0029

Difference = mu (Avoin sivu edellä) - mu (Taite edellä)

Estimate for difference: -0,00615

95% CI for difference: (-0,01323; 0,00093)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -2,00 P-Value = 0,080 DF = 8

Two-Sample T-testin mukaan liitteen asettelulla ei näyttäisi kuitenkaan olevan tilastollisesti merkittävää eroa.

8.6 GLM-statistiikka

Alla General Linear Model-statistiikka Minitabista.

General Linear Model: rep% versus Liitteiden lkm; Kynsien korkeus; ...

Factor	Type	Levels	Values
Liitteiden lkm	fixed	2	1; 2
Kynsien korkeus	fixed	2	<0,3; >0,3
Alustan kulma	fixed	2	8; 10
Sieni	fixed	2	Ei käytössä; Käytössä
Param.säädöt kuitattu liite	fixed	2	Check-biniin; Hihnalle
Param.säädöt liitteen pituus	fixed	2	Ei määritelty; Määritelty
Liite ajetaan asemasta	fixed	2	Avoin sivu edellä; Taite edellä

Analysis of Variance for rep%, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Liitteiden lkm	1	0,0001096	0,0000469	0,0000469	2,18	0,178
Kynsien korkeus	1	0,0002501	0,0001447	0,0001447	6,74	0,032
Alustan kulma	1	0,0000061	0,0000054	0,0000054	0,25	0,629
Sieni	1	0,0000387	0,0000166	0,0000166	0,77	0,405
Param.säädöt kuitattu liite	1	0,0000669	0,0000934	0,0000934	4,35	0,070
Param.säädöt liitteen pituus	1	0,0000012	0,0000032	0,0000032	0,15	0,711
Liite ajetaan asemasta	1	0,0000350	0,0000350	0,0000350	1,63	0,237
Error	8	0,0001717	0,0001717	0,0000215		
Total	15	0,0006791				

S = 0,00463288 R-Sq = 74,72% R-Sq(adj) = 52,59%

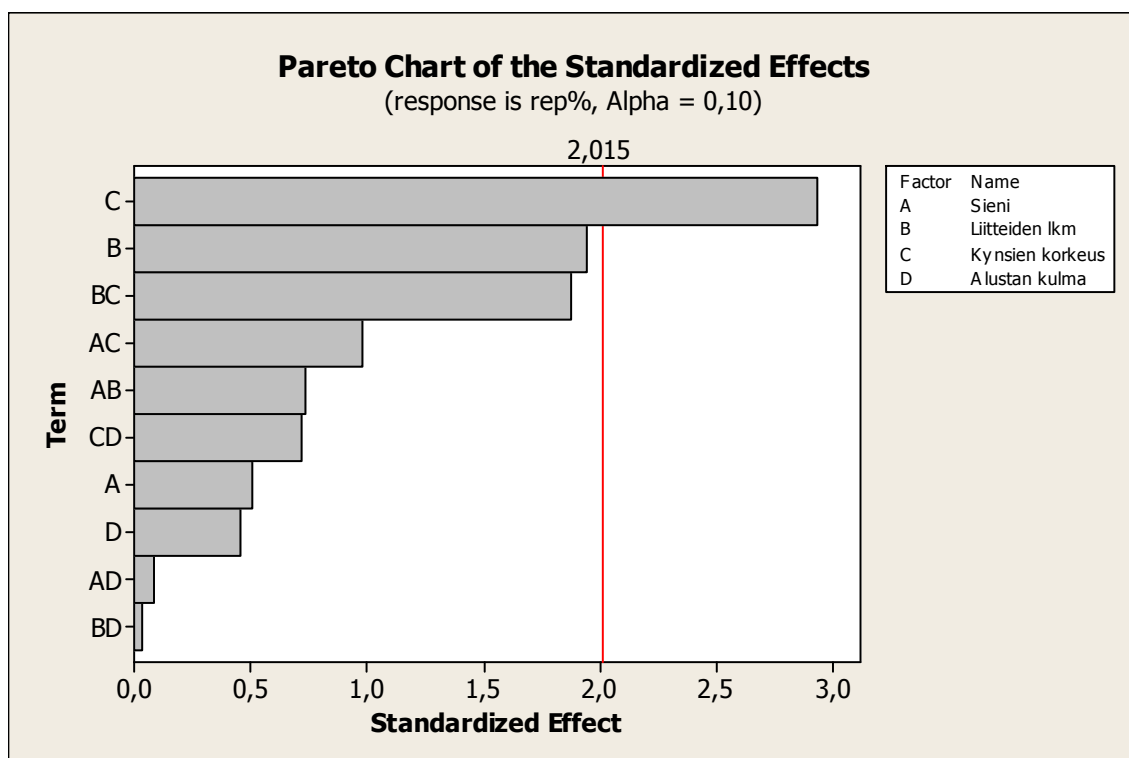
Unusual Observations for rep%

Obs	rep%	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
13	0,034009	0,025082	0,002694	0,008928	2,37 R

R denotes an observation with a large standardized residual.

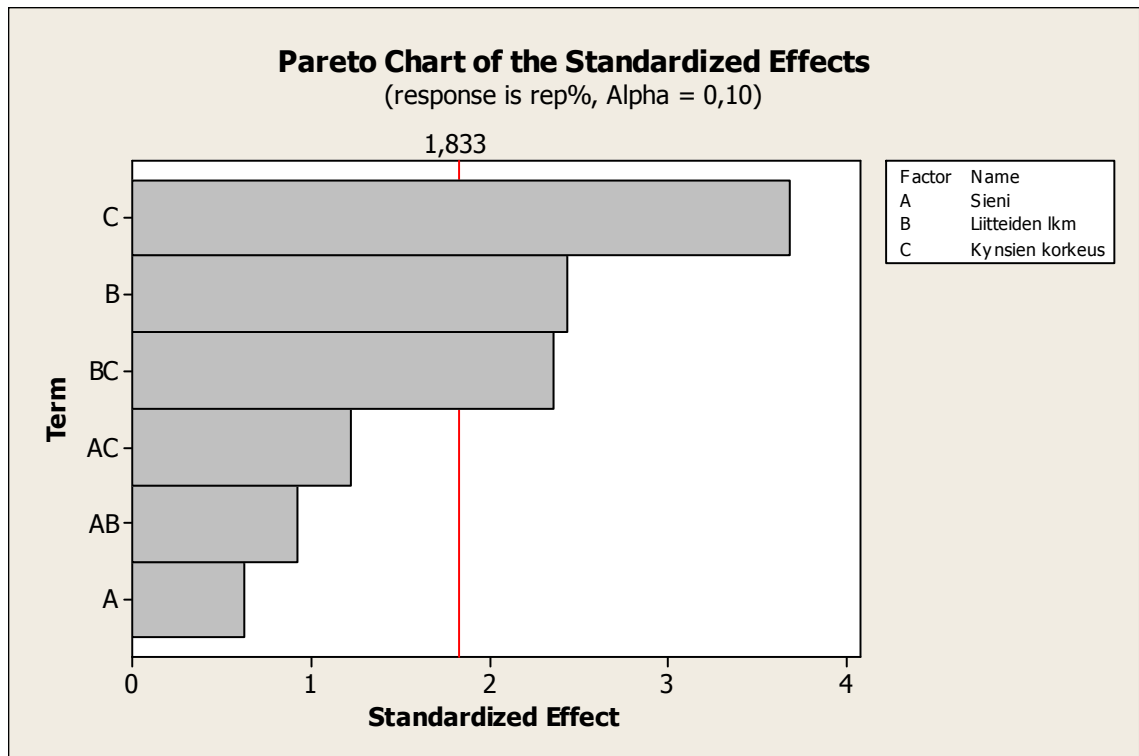
DOE, Pareto-kuvaajat

Alla ensimmäinen kuvaaja (kuva 32.) Pareto-kaaviosta. Tämän kuvaajan perusteella lähdettiin poistelemaan alimpia, ei merkittäviä tekijöitä yksi kerrallaan.



Kuva 32. Pareto, alkutilanne kahdella tasolla

Seuraavassa kuvaajassa (kuva 33.) ollaan poistoissa jo vaiheessa, jossa alustan kulma on poistunut merkittävien tekijöiden joukosta.



Kuva 33. Pareto, jossa enää kolme tekijää