

LIIMAUKSEN HALLINTA

Metsä Wood Lohjan Kertotehdas

Tiivistelmä

Tekijä(t) Muhonen Juha	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 46+13	Valmistumisaika Syksy 2019
Työn nimi Liimauksen hallinta Metsä Wood, Lohja		
Tutkinto ((Puutekniikan insinööri (AMK))		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli hakea kustannussäästöjä Metsä Wood Lohjan kertotehtaan liimausprosessiin varmistamalla samalla tuotteen kriittiset laatuvaatimukset. Tavoitteena kerätä dataa liimausprosessista, sen laatumittauksien vaihtelusta ja mahdollisista virheistä sekä parantaa liimausprosessin hallintaa.</p> <p>Opinnäytetyö sisältää teoriaosuuden, jossa esitellään kertopuun valmistusta ja puulevyteollisuuden liimausprosessia. Työssä avataan prosessin vaihtelua ja laatukäsitettä, sekä esitellään työssä käytettyjä analysointi- ja mittausmenetelmiä. Kokeellisessa osuudessa esitellään kertotehtaan tuotantoon tehdyt mittaukset ja koeajot sekä analysoidaan tuloksia ja esitetään kehitysehdotuksia.</p> <p>Työn tuloksena saatiin tutkittua tietoa liimausprosessista tukemaan aiempia oletuksia ja muuttamaan joitakin toimintatapoja liimausprosessin hallinnassa. Työn tuloksilla pystyttiin varmistamaan tuotannossa tehtävien laatumittauksien luotettavuus sekä hallitsemaan paremmin liimausprosessin muutoksia, erityisesti poikkeustilanteissa. Mahdolliset kustannussäästöt selvitetään myöhemmin, mutta tulosten perusteella mahdollisuuksia liiman levitysmäärän vähentämiseksi on tulevaisuudessa.</p>		
Asiasanat liimaus, viskositeetti, gage r&r, mittaus, vaihtelu, laatu		

Abstract

Author(s) Muhonen, Juha	Type of publication Bachelor's thesis	Published Autumn 2019
	Number of pages 46+13	
Title of publication Gluing management Metsä Wood Lohja		
Name of Degree Bachelor's Thesis in materials technology (wood technology)		
Abstract <p>The objective of this thesis was to get cost savings in the gluing process of Metsä Wood Lohja's LVL mill, while ensuring the critical quality requirements of the product. This was done by collecting data on the gluing process, variations in its quality measurements, and possible errors, and by improving the control of the gluing process.</p> <p>The thesis includes a theoretical part, which introduces the production of LVL and the gluing process in the wood panel industry. The process variation and the concept of quality are introduced, as well as the analysis and measurement methods used in the work. The experimental part presents the measurements and test runs, as well as the analysis of the results and the proposed improvements.</p> <p>The work provided research-based information on the gluing process, supporting previous assumptions, and changing some of the operating methods in the gluing process management. The results of the work confirmed the reliability of the quality measurements made in production and provided better control of the gluing process, especially in exceptional circumstances. Potential cost savings will be explored later, but based on the results, there are opportunities to reduce the amount of glue used in the future.</p>		
Keywords gluing, viscosity, gage R&R, measurement, variation, quality		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TOIMEKSIANTAJA.....	2
2.1	Metsä Group.....	2
2.2	Metsä Wood	2
2.3	Lohjan Kertopuutehdas.....	2
3	KERTOPUUN VALMISTUS	4
3.1	Tukkien käsittely ja haudonta.....	4
3.2	Sorvaus	4
3.3	Kuivaus ja lajittelu	4
3.4	Ladonta	5
3.5	Kuumapuristus ja sahaus.....	5
4	LIIMAUKSEN PERUSTEET	6
4.1	Puulevyteollisuuden liimat.....	6
4.2	Fenoliformaldehydiliimat	6
5	LAATUKÄSITYS	8
5.1	Laatukäsitteen moninaisuus	8
5.2	Laatu yrity maailmassa	9
6	PROSESSIN JA MITTAUSTEN VAIHTELU.....	10
7	KALANRUOTOKAAVIO, ISHIKAWA, FISBONE-KAAVIO	12
8	MSA.....	13
9	GAGE R&R.....	14
10	KOKEELLINEN OSUUS	15
10.1	Kalanruotokaavio.....	15
10.2	Syy-seuraus analyysi.....	15
10.3	Laadunvalvontamittausten analysointi	16
10.3.1	Liiman viskositeetti.....	16
10.3.2	Liiman levitysmäärä	17
10.3.3	Tikku-% arviointi	19
10.4	Koeajot	20
10.4.1	Liiman ikä	20
10.4.2	Liiman lämpötila.....	22
10.4.3	Liima pesuveden sekaan	23
10.4.4	Liimoittimen pesutaajuus	25
11	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....	27

11.1	Laadunvalvontamittaukset	27
11.2	Koeajot	33
11.2.1	Liiman ikä	33
11.2.2	Liiman lämpötila	35
11.2.3	Liima pesuveden sekaan	36
11.2.4	Liimoittimen pesutaajuus	38
12	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	39
12.1	Mittaussysteemin analysointi	39
12.2	Liimauksen hallinta	39
13	KEHITYSEHDOTUKSET	42
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	46

LYHENTEET

Gage R&R	Gage Repeatability & Reproducibility, mittalaitteelle suoritettava toistettavuus ja uusittavuustesti
LVL	Laminated veneer lumber, viilupuu
MSA	Measurement System Analysis, mittaussysteemin analyysi
R&R	Repeatability & Reproducibility, toistettavuus ja uusittavuus

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Metsä Wood Lohjan kertopuutehtaan toimeksiantona. Opinnäytetyö on osa Lohjan kertopuutehtaan liimauksen hallinta projektia. Opinnäytetyö on määritelty Metsä Woodin virallisen projektinmäärittely lomakkeen mukaan. Opinnäytetyön tarkoituksena oli hakea kustannussäästöjä tehtaan liimausprosessiin, samalla varmistuen valmiin tuotteen kriittiset laatuvaatimukset asiakkaalle, paremmalla liimausprosessin hallinnalla. Opinnäytetyön selkeä tavoite oli kustannussäästöt, prosessin parempi ymmärrys ja valmiin tuotteen tasaisempi laatuominaisuus. Liimausprosessin paremmalla hallinnalla saataisiin pienennettyä liimauksesta aiheutuvia muuttuvia kustannuksia.

Lähtötilanteessa tehtaan tuotantolinjojen liimaustuloksissa oli suurta hajontaa, jonka syitä haluttiin selvittää ja joita haluttiin tasoittaa. Liimauksenhallintaan liittyvistä ongelmista oli paljon oletuksia, joita opinnäytetyön tuloksena haluttiin saada selkeää tietoa ja dataa niistä asioista, jotka vaikuttavat liimaukseen. Opinnäytetyön tuloksista pyrittiin löytämään toimintamalleja, joita voidaan hyödyntää myös muissa Metsä Woodin yksiköissä.

Tämä opinnäytetyö koostuu teoria- ja tutkimusosasta. Teoriaosuudessa esitellään kertopuun valmistusta ja puulevyteollisuuden liimoja ja liimausprosessia. Lähdemateriaalin kautta perehdytään laatukäsitteeseen ja prosessin vaihteluun sekä esitellään työssä käytetyt mittausmenetelmät, MSA ja Gage R&R. Tutkimusosassa esitellään toimintatapoja, joilla selvitettiin liimausprosessissa esiintyvää vaihtelua. Käydään läpi tuotannon liimausprosessiin tehdyt koeajot ja koeajon tulokset sekä saadut tulokset ja yhteenveto tulosten ja teoriaosuuden pohjalta.

2 TOIMEKSIANTAJA

2.1 Metsä Group

Metsä Group on suomalainen metsäteollisuuskonserni, jolla on liiketoimintaa kolmessakymmenessä maassa. Liiketoiminta koostuu kartonki-, sellu- ja pehmo- ja tiivistepaperin valmistuksesta, rakennusteollisuuden puutuotteista, puunhankinnasta ja metsäpalveluista. Metsä Group muodostuu Metsäliitto Osuuskunnasta, siihen kuuluvista Metsä Forestista ja Metsä Woodista sekä osuuskunnan tytäryhtiöistä Metsä Tissuesta, Metsä Boardista ja Metsä Fibrestä. Metsäliitto Osuuskunta on Metsä Groupin emoyritys, ja osuuskuntaan kuuluu noin 103 000 metsänomistajaa. Metsä Groupin liikevaihto vuonna 2018 oli 5,7 mrd. euroa. Henkilöstöä on noin 9300 henkilöä. (Metsä Group 2018.)

Yhtiön toiminta alkoi yhteismyynneillä, ja vuonna 1934 perustettu Metsäliitto Oy jatkoi sitä puun viennillä. Vuodesta 1947 yhtiö on ollut osuuskunta. Ensimmäiset sahat perustettiin 1949, ja 1950-luvulla toiminta laajeni kemialliseen metsäteollisuuteen. Metsäliitto Osuuskunnan toiminta laajeni 1960-luvulla. 2000-luvulla Metsäliitto-konserni oli kansainvälinen metsäteollisuuskonserni, jolla oli yli 25 000 työntekijää kymmenissä eri maissa. Vuosina 2005-2012 tuli määrätietoinen muutostyö, ja vuonna 2012 Metsäliitto-konserni muutti nimensä Metsä Groupiksi sekä uudisti yritysilmensä. (Metsä Group 2018.)

2.2 Metsä Wood

Metsä Wood on osa Metsä Group -konsernia. Metsä Wood tarjoaa puutuotteita rakennusteollisuus- ja jakeluasiakkaiden tarpeisiin. Metsä Woodin tärkeimmät tuotteet ovat sahatavara, vaneri ja kertopuu. Liikevaihto Metsä Woodilla vuonna 2018 oli 0,4 miljardia euroa. Yhtiö työllistää noin 1500 henkeä. (Metsä Wood 2018.)

2.3 Lohjan Kertopuutehdas

Lohjan Kerto-tehdas tuottaa kertotuotteita vuodessa noin 120 000 m³. Tehtaassa työskentelee noin 120 henkilöä. Tehdas on perustettu vuonna 1916 jolloin tehdasta pyörittivät Ab Vanesta Oy niminen yritys, pian yrityksen nimi muuttui Ab Faner Oy:ksi. Aluksi tehtaalla tuotettiin vaneria, kunnes vuonna 1969 siirryttiin osittain lastulevytuotantoon.

Metsäliiton omistukseen tehdas siirtyi 1965. Kertopuun tuotanto alkoi vuonna 1980. Lohjan Kertotehdas ilmasta kuvattuna Kuvassa 1. (Metsä Wood 2018.)



Kuva 1. Metsä Wood, Lohja (Metsä Group 2018)

3 KERTOPUUN VALMISTUS

3.1 Tukkien käsittely ja haudonta

Tukkien varastointi tapahtuu tehtaan tukkikentällä, jossa tukkeja säilytetään pinoissa, "te-loina". Tukikentän toiminta perustuu tukkien tasaiseen kiertoon, jossa vanhimmat tukit tulevat ensimmäisenä käyttöön. Tällöin arvokas raaka-aine pysyy ehjänä ja käyttökelpoisena. Pääsääntöisesti tukkien kastelu otetaan käyttöön lämpötilan ollessa pysyvästi 0 C°:n yläpuolella, tukkien kastelu tapahtuu kasteluputkien ja sadettimien avulla. (Metsä Wood 2018.)

Tukkien haudonnan tarkoituksena on nostaa puun lämpötilaa, jolloin tukkien sorvaus ja viilun valmistus on helpompaa. Tukin haudonnassa veden lämpötila on noin 50 – 65 C°. Huomioitavaa tukin haudonnassa on sääolosuhteet, erityisesti talviaika. Talvella haudottavat tukit saattavat olla lumisia ja jäisiä, myös puun jäähtyminen tukkipöydällä on nopeampaa talvella. (Metsä Wood 2018.)

3.2 Sorvaus

Haudotut tukit siirtyvät kuljettimia pitkin tukkipöydältä katkaisusahalle, jossa ne katkotaan valmistettavan viulun leveyden mukaan halutuiksi sorvipöleiksi. Sorvilla pölliit sorvataan viilumatoiksi, tehtaan omien parametrien ja asetearvojen mukaan. Kertopuun valmistuksessa viulut sorvataan kolmen millimetrin paksuuteen. Viilumatto leikataan arkeiksi, leikkauksen jälkeen ne lajitellaan pinta- ja sydänviiluiksi, kosteuden perusteella. Tarvittaessa voidaan lajitella erikseen vielä keskiviilu, lajittelun jälkeen eri viilulajit pinkataan viilunippuihin sorvin pinkkarilla. (Liski 2017, s. 60-61.)

3.3 Kuivaus ja lajittelu

Normaalisti kuivauskoneelle syötetään viilua kahdesta rinnakkaisesta viilunipusta. Alkukosteuden perusteella märin kosteusluokka on pintaviilu, kuivin sydänviilu. Viulun kuivauksella pyritään saamaan viilu alle kuuden prosentin kosteuteen, joka on edellytys onnistuneelle liimaukselle. Viulun kuivauksessa käytetään telakuivauskoneita, joiden parametrien perusteella viulut saadaan kuivattua haluttuun kosteuteen. Onnistuneen kuivauksen perusteena on kuivausnopeuden, sisäilman kosteuden ja lämpötilan parametrien oikeat säädöt. (Metsä Wood 2018.)

3.4 Ladonta

Ladontalinjalla viiluniput on sijoitettu viilunlaadun perusteella kukin omaan syöttöasemaan, josta ne syötetään ladontalinjalle, ladontaohjelman parametrien perusteella tietyssä järjestyksessä. Osa viiluista käännetään nurinpäin tähän toimenpiteeseen tarkoitettulla viilunipun kääntölaitteella. Viilujen kääntämisellä halutaan estää valmiin tuotteen käyristyminen. Ennen viilujen liimoittamista viilut kulkevat viistosahan läpi, jossa viilujen päät viistetään tällöin saman kerroksen viilut muodostavat keskenään lujalla liitoksella jatkuvan aihion. Viistosahassa viilun toiselta puolelta viistetään viilun yläpuoli ja toiselta puolelta viilun alapuoli. Viilujen liimauksessa liima levitetään viilun yläpinnalle, yleisimpinä levitystapoina kertopuun valmistuksessa on käytössä juova- ja verholevitys. Ladoksen päällimmäistä viilua, eli pintaviilua ei liimoiteta kuin viisteiden kohdalta. Pintaviilun liimaukseen on käytössä erillinen kirkas pintaliima, joka kuumapuristimessa kovettuessaan muodostuu värittömäksi liimasaumaksi. Viilut ladotaan tuotteittain määriteltyjen paksuuksien ja rakenteiden mukaisesti. Tärkeää ladonnassa on viilujen latominen suoraksi laataksi ja viisteiden latominen tarkasti päällekkäin, samalla tarkkaillen viilun laatua, poistaen huonot viilut ladoksesta ja korvaamalla poistetut viilut oikealla. Tärkeää on myös valvoa liimauksen onnistumista, ja tehdä tarpeellisia korjauksia. (Metsä Wood 2018.)

Valmis lados siirretään esipuristimeen, jossa sen on oltava yhtäjaksoisessa puristuksessa vähintään 45 sekuntia. Esipuristimessa liima levitty tasaisesti viilujen väliin. Ladottu aihio on esipuristettava ensimmäisen viilun latomisesta 20 minuutin sisällä. Häiriötilanteissa lados saattaa kuivua liikaa, jolloin liima ei pääse levittymään tasaisesti viilujen väliin. Kuivunut lados on sahattava pois esipuristetusta ladoksesta, ja poistettava ennen kuumapuristinta. (Metsä Wood 2018.)

3.5 Kuumapuristus ja sahaus

Kuumapuristimessa liimasauma kovettuu ja sitoo viilut toisiinsa. Kertopuuaihio on puristettava kuumapuristimella vähintään kolmen tunnin kuluttua esipuristuksesta, tällöin liima ei ehdi kuivua liikaa. Aihion on saavutettava kokonaisuudessaan vähintään sadan asteen lämpötila, jolloin kaikki liimasaumat ovat kovettuneet. Kertopuuaihiolle on määritelty paksuuden mukaan omat puristusajat, puristuslämpötilat ja puristuspaineet. (Metsä Wood 2018.)

Puristetusta kertopuuaihiosta sahataan tuotannosuunnittelun mukaisesti asiakkaan tilaamiin mittoihin. Sahat ja sahaustavat vaihtelevat tuotantolinjoittain ja valmistajien laitekanan mukaan. Sahatut tuotteet ovat mahdollista jälki käsitellä asiakkaan vaatimuksien mukaan. (Metsä Wood 2018.)

4 LIIMAUKSEN PERUSTEET

4.1 Puulevyteollisuuden liimat

Puulevyteollisuudessa on käytössä sekä kertamuovi että kestopuuvilliimoja. Liimat voidaan jakaa myös kovettumisreaktionsa mukaan. Kemiallisesti kovettuvat liimat, jolloin kemiallisen reaktion aiheuttamana syntyy molekyylien yhteen sitoutuminen ja ketjuuntuminen. Fysikaalisessa kovettumisessa liimasaumasta poistuu liuotin, jolloin liima kovettuu. Liimauksen tarkoituksena on muodostaa liimasauma liimattavien kappaleiden välille, jonka onnistumisen edellytyksenä on riittävää liiman tunkeutumista ja kiinnittymistä puuhun. (Mäkinen 2017, s.235.)

Hyvän tartunnan edellytyksenä on, että liiman pintajännitys on pienempi kuin liimattavan aineen, tällöin liimattava pinta kastuu hyvin. Jos liiman pintajännitys on suurempi kuin liimattavan aineen, liima ei tällöin kastele tarpeeksi liimattavaa pintaa. Puulevyjen liimauksessa huomioon otettavaa on, puulajien ominaisuudet, puuaineen kosteus liimaushetkellä, tuotanto-olosuhteet ja -laitteet sekä tuotteen loppukäyttökohteen vaatimukset. (Mäkinen 2017, s.235.)

4.2 Fenoliformaldehydiliimat

Fenoliformaldehydihartsia valmistettaessa reagoivat hartsi ja formaliini lämmön vaikutuksesta. Kun päästään haluttuun kondensaatioasteeseen, keskeytetään reaktio resoliasteelle. Näin valmistettu hartsi kuljetetaan nestemäisenä liuoksena tehtaalte. Tehtaan omassa liimanvalmistuksessa hartsiin lisätään kovete, ja näin kondensoitumisreaktio vietään loppuun kuumapuristuksessa. Kondensaatio liimausprosessissa tarkoittaa kemiallista molekyylien yhteen liittymistä. (Mäkinen 2017, s.236-238.)

Jauhomainen kovete sisältää täyte-, jatkos- ja kovettavia aineita. Liiman valmistuksen yleisimpänä täyteaineena liitu. Jatkosaineina käytetään erilaisia jauhoja, vehnäjauhoja, ruisjauhoja ja puurojauhoja. Nämä aineet muodostavat liimaan tarvittavan sitkon ja säätävät liiman viskositeetin sopivaksi. Kovettavia aineita ovat karbonaatit ja quebracho, jotka nopeuttavat liiman kovettumista ja säätävät liiman imeytymistä. Suomalainen LVL-teollisuus käyttää jauhomaisia kovetteita, jotka mahdollistavat runsaamman prosessiveden käytön liimaseoksessa. Tällä voidaan parantaa myös esipuristintartuntaa ja säädellä liiman imeytymistä viiluun, jotka vaikuttavat suoraan liimauksen laatuun. (Liski 2017, s.181-182.)

Automaattisissa ja manuaalisissa ladontalinjoissa ladonta-aika, liiman avoin aika esipuristukseen ja ladelman rata-aika esipuristuksen ja kuumapuristuksen välillä optimoidaan räätälöimällä kovetteen, hartsin ja sekoitussuhteen ominaisuuksia tehtaan prosessin mukaan. (Mäkinen 2017, s.236.)

Yleensä fenoliformaldehydiliimat kovetetaan yli 100 asteen lämpötiloissa, yleisimmät kuumapuristimen lämpötilat ovat 125 ja 170 asteen välillä. Vaarana korkeita lämpötiloja käytettäessä on rikkovien höyrypattien eli ns. onttojen levyjen syntyminen. Tämä reaktio johtuu rakenteessa olevan veden liian voimakkaasta höyrystymisestä. (Mäkinen 2017, s.236-237.)

Liiman valmistus tapahtuu kunkin tehtaan omilla laitteilla, joissa hartsi, kovete, ja tuotteessa mahdollisesti käytettävä väriaine sekoitetaan keskenään, prosessin mukaan räätälöidyn liimareseptin perusteella. Valmis liima levitetään viilun päälle puulajin ja valmistettavan tuotteen liiman levitysmäärän mukaisesti. Levitysmenetelmiä on useita: telalevitys, ruiskulevitys, vaahtolevitys, juovalevitys ja verho levitys. LVL:n valmistuksessa yleisimmät levitysmuodot ovat verho- ja juovalevitys. (Mäkinen 2017, s.237.)

5 LAATUKÄSITYS

5.1 Laatukäsitteen moninaisuus

Nykyaikainen ammatillinen laatuaiheen käsittely alkoi 1900-luvun alkupuolella. Ammatillisesta lähestymisestä seurasi erilaisia asiantuntijoiden laatimia määritelmiä laatukäsitteelle. Tästä seurasi monia erilaisia näkemyksiä, jotka johtivat laatukäsitteen pirstoutumiseen. Erityisesti laatuasiantuntijoiden kiinnostusta ovat herättäneet organisaatiot ja niiden tulokset asiakkaille. (SFS RY 2016.)

Laatukäsitteen erilaisia merkityksiä voidaan jaotella esimerkiksi seuraavalla tavalla, vaikkakin esitettyjen eri määritelmäryhmien rajat eivät ole erityisen selkeitä tai jyrkkiä (Karjalainen 2007):

- Tuotteisiin perustuvat määritelmät, tällöin laatu on tuotteen mitattava ominaisuus, laatu on esimerkiksi nopeutta ja tehokkuutta. Tuotteisiin perustuva laatukäsitys on ominaista esimerkiksi markkinointihenkilöille.
- Tuotantoperusteiset määritelmät, jolloin laatu on vaatimusten täyttämistä ja täyttymistä. Tuotantoperusteisten määritelmien juuret ovat materiaalisessa tuotteiden valmistuksessa, laadun tarkoittaessa astetta, jossa tuote täyttää annetut vaatimukset. Tällöin ohjeena tuotannolle on hyväksyttävissä oleva laatutaso, tai nolla virhetaso. Jos halutaan välttää korkeita tuotantokustannuksia, on työssä onnistuttava ja tehtävä kerralla oikein.
- Rahalliset arvoperusteiset määritelmät, joissa laadun katsotaan olevan kohteen käyttöarvo. Kohde hankitaan johonkin tiettyyn tarkoitukseen tai henkilökohtaisiin mieltymyksiin. Laatu muodostuu käyttöarvon ja hinnan suhteesta.
- Reaalitaloudelliset arvoperusteiset määritelmät, jossa laatu on tuotteen kykyä täyttää käyttäjän tarpeita sekä odotuksia. Laatu on tällöin sidottu tuotteen ostajan ja tuotteen käyttäjän tarpeisiin. Tässä tapauksessa tuotannon ohjeena voidaan pitää asiakkaan tarpeiden hyvää tuntemusta ja tuotteiden tekemistä niiden mukaan. Laatu on osaamista ja asiakasohjautuvaa toimintaa.
- Heuristiset ja myyttiset määritelmät, jolloin laadun mittaaminen on jopa mahdollonta. Laatu on platonista, erinomaista hyvyttä ja luksusta.

5.2 Laatu yritysmaailmassa

Yritysmaailmassa laadun voidaan katsoa tarkoittavan asiakkaan tarpeiden täyttämistä yrityksen kannalta mahdollisimman tehokkaalla ja kannattavalla tavalla. Kuitenkaan asiakas-tyytyväisyyteen pyrkiminen hinnalla millä hyvänsä ei ole yritykselle kannattavaa. Tuotteiden ja palveluiden kehittyminen, modernisointi sekä uudet innovaatiot asettavat laadulle uusia vaatimuksia. (Lecklin 2006 s.18-20.)

Tuote saattaa myös olla yrityksen mielestä kaikin puolin erinomainen, mutta asiakkaan mielestä ylilaatua, josta hän ei halua maksaa turhaan. Esimerkiksi tilanne, jolloin tuotteessa on reilusti enemmän ominaisuuksia verrattuna asiakkaan tarpeisiin. Toisaalta, mikäli laatu on nimenomaan se tekijä, jolla yritys saavuttaa kilpailuedun markkinoilla, ei voida puhua ylilaadusta. (Lecklin 2006 s.18-20.)

Monet laatuasiantuntijat kuvaavat laatua useasti asiakkaan näkökulmasta tai käsittelevät sitä lopputuotteen laatuna, tuotteenlaadun lisäksi voidaan puhua myös toiminnan laadusta. Laatuksitteeseen on tullut laajennusta viimeisten vuosien aikana. Tuotteen valmistuksen korkeat kustannukset eivät tarkoita suoraan tuotteen korkeaa laatua, eikä laadukkaan tuotteen valmistus ole välttämättä kallista. Kärjistetyin ajattelutapa laadun hintaan on laadun parantamisesta useita teoksia kirjoittaneella filosofi P. Crosbylinilla, jonka mukaan laatu on ilmaista. (Kuusisto 2007.)

Jotta laatua pystytään johtamaan, on se määriteltävä todetuksi yhdenmukaisuudeksi vaatimusten kanssa. Vaatimukset tulisi ilmaista niin selkeästi, ettei niitä voi ymmärtää väärin. Tämän jälkeen tulee suorittaa mittauksia, jotta nähdään, miten yhdenmukaisuus vaatimuksiin nähden on toteutunut. Mikäli poikkeamia esiintyy, tarkoittaa se laadun puuttumista. (Crosby 1986, s.46-48.)

Laatua mitataan laatuksistuksilla, jotka ovat poikkeamista aiheutuvia kuluja, virheellisestä työstä koituvia kustannuksia. Mittaustulosten olisi hyvä olla kaikkien näkyvillä, sillä ne ovat todiste edistymisestä ja tunnustus saavutuksista. Mitä tahansa on mahdollista tarvittaessa mitata. (Crosby 1986, s.86-88.)

Laadusta voidaan todeta, että se ei ole mitään mystistä, eikä sen määrittäminen saa olla jokaisen oma asia. Laadun määrittäminen on johdon asia, joka edellyttää myös jatkuvaa vuoropuhelua johdon ja henkilöstön välillä. Johdon tehtävä on huolehtia, että yrityksen laatumuuttajat on tunnistettu, asettaa tavoitteet ja viestittää ne henkilöstölle. (Salminen 2014.)

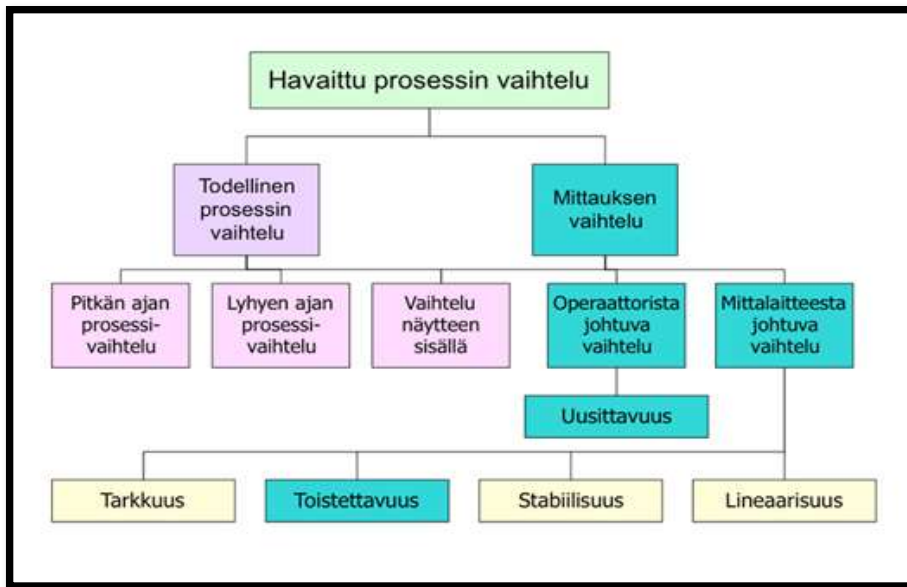
6 PROSESSIN JA MITTAUSTEN VAIHTELU

Vaihtelua tapahtuu kaikkialla. Kasvava vaihtelu vaikuttaa suoraan myös tuotantosysteemin suorituskykyyn. Mitä enemmän on vaihtelua, sitä alhaisempi on myös systeemin suorituskyky. Suorituskykyä pystytään parantamaan pienentämällä vaihtelua. Systeemiin vaihtelua tulee sekä ulkoa että sisältä päin. (Karjalainen 2017.)

Vaihtelun vähentämiseen on olemassa useita menetelmiä. Jatkuva parantaminen on lähtökohtana vaihtelun pienentämisessä, apuna tässä ovat tilastolliset ja ei-tilastolliset menetelmät ja erilaiset työkalut. Vaihtelun lähteet ovat järkevää jakaa kahteen erilliseen luokkaan, tarkkuuteen ja täsmällisyyteen. Tarkkuudella tarkoitetaan ryhmien välistä keskiarvoista poikkeamaa. Täsmällisyydellä ryhmän sisäistä poikkeamaa eli yhdenmukaisuutta. Vaihtelu itsessään voidaan jakaa myös kahteen luokkaan, ennustettavaan eli stabiiliin ja ei-ennustettavaan eli epästabiiliin vaihteluun. (Karjalainen 2017.)

Prosessin vaihtelu on havaittu koostuvan todellisesta prosessin vaihtelusta sekä mittausjärjestelmän aiheuttamasta vaihtelusta. Prosessin vaihtelu on esitetty selkeästi Kuviossa 1. Mikäli mittausjärjestelmissä on ongelmia, voi se olla vaihtelun suurin syy, mikä aiheuttaa myös negatiivisen vaikutuksen kyvykkyyteen. (Karjalainen 2017.)

Jos organisaatiossa vaihtelu johtuu mittauksesta, saatetaan hylätä hyviä yksilöitä ja hyväksyä huonoja yksilöitä, pahimmillaan voidaan säätää prosessi tuottamaan virheellisiä tuotteita ja palveluita. Vakavinta, että ajatellaan vaihtelun tulevan prosessista, jos se tuleekin mittauksesta, tällöin korjaustoimenpiteet menevät väärään kohteeseen. Ennen prosessin kyvykkyyden määrittämistä, on tärkeää määrittää, onko mittausjärjestelmä luotettava vai ei. (Karjalainen 2017.)

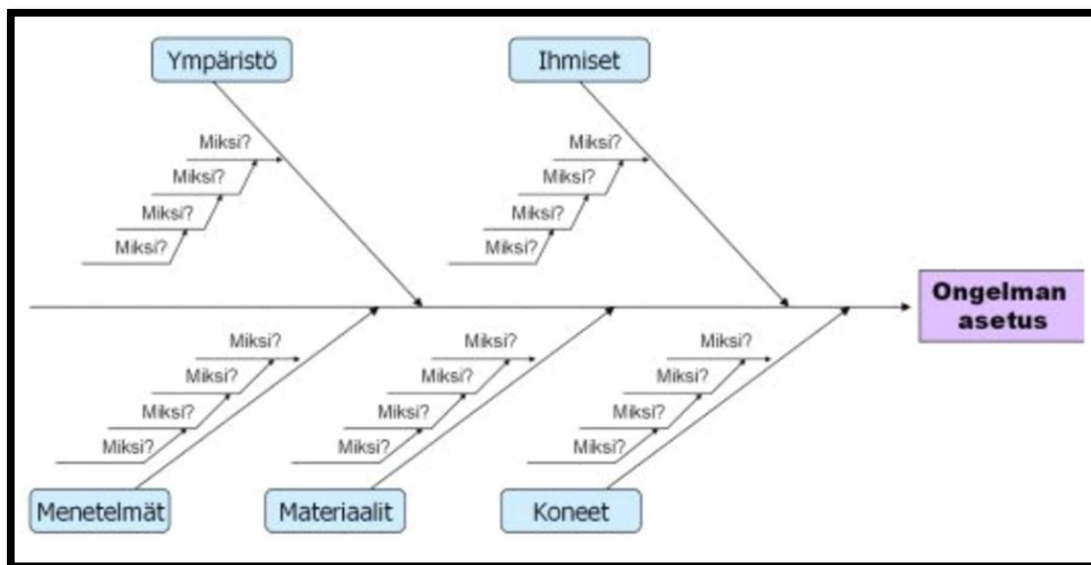


Kuvio 1 Prosessin vaihtelu (Karjalainen 2007)

7 KALANRUOTOKAAVIO, ISHIKAWA, FISBONE-KAAVIO

Kalanruotokaavio on työkalu, jota käytetään graafisessa johtamisessa ja prosessin kehittämässä. Kalanruotokaavio on hyvä ryhmätövälineenä ja ongelmien syiden selvityksessä ja analysoinnissa. Kalanruotokaavio on visuaalisesti hyvä tapa esittää ryhmiteltyjä asioita, joista jokainen ryhmä esitetään omalla ruodolla. Kaaviolla on useita kutsumanimiä, yleisimpiä kalanruotokaavion lisäksi ovat: Ishikawa diagrammi, syy- ja seurauskaavio ja juurisyyanalyysi. (Karjalainen 2007.)

Kaavion täyttäminen on havainnollistettu Kuviossa 2. Täyttäminen aloitetaan kirjaamalla selvitettävä ongelma kaavion päähän, käytännössä kalanruodon päähän. Ruodon rangaista jaotellaan 4-6 haaraa, eli keskeistä ongelmaa ja syytä. Haarat on otsikoitu seuraavasti: materiaalit, koneet, ihmiset, menetelmät, ympäristö ja mittausta. Näiden otsikoiden alle kerätään näihin ongelmiin liittyviä syitä. (Karjalainen 2007.)



Kuvio 2 Kalanruotokaavio (Karjalainen 2007)

8 MSA

Luotettavista tilastollisista menetelmistä huolimatta on mahdollista, että tuloksia tulkitaan väärin. Virheitä voidaan tehdä laadunvalvonnassa, jossa valmistettu tuote tai erä hylätään, vaikka se olisi ollut hyväksyttävien rajojen sisällä. Prosessia säädetään, vaikka häiriö olisi-kin prosessin ulkopuolelta mahdollista on myös, että muutoksiin ei reagoida millään tavalla, tai laadunvalvonta hyväksyy laatuvaatimukset täyttämättömiä eriä. (Salomäki 1999 s.174.)

Edellä esitettyjen virheiden välttämiseksi olisi selvitettävä, mikä on laadunvalvonnassa tehtyjen testien osuus kokonaisvirheestä. MSA (Measurement System Analysis) eli mittaussysteemin analysointi on erittäin hyvä menetelmä tähän tarkoitukseen. Ennen luotettavia arvioita prosessin kyvykkyydestä, olisi tärkeää tuntea mittaussysteemin luotettavuus. Mittaussysteemin tutkimus antaa tiedon prosentteina, kuinka paljon mittaussysteemin virhe on kokonaisvaihtelusta. MSA on työkalu, jonka avulla voidaan myös verrata kahta tai useampaa mittaussysteemiä keskenään, tai useampaa operaattoria. MSA antaa tiedon, jonka perusteella voidaan päätellä, onko tarvetta muutoksiin mittaussysteemin tai mittauksen suorittamisen suhteen. (Karjalainen 2014.)

9 GAGE R&R

Gage R&R-menetelmän nimelle ei ole suomen kielessä suoranaista vastinetta. Gage R&R -termi on sellaisenaan käytössä suomalaisessa yritysmaailmassa. R&R-lyhenne on peräsin sanoista repeatability (toistettavuus) ja reproducibility (uusittavuus), käytännössä tämä tarkoittaa mittaussysteemin aiheuttaman virheen selvittämistä. (Patjas 2016.)

Gage R&R -tutkimuksen päätavoite on selvittää mittaussysteemistä aiheutuva vaihtelu, jotta se pystytään erottamaan tuotannosta johtuvasta vaihtelusta. Tutkimuksen avulla on mahdollista arvioida mittaussysteemin suorituskykyä sekä erottaa kokonaisvaihtelusta mittauksesta ja tuotannosta johtuva vaihtelu. (Lunau 2013.)

Selvitettäessä tarkkaa syytä mittaussysteemin virheelle, on oltava myös tieto mahdollisista virhelähteistä. Toistettavuus on vaihtelu, joka ilmenee, kun operaattori mittaa samaa näytettä useita kertoja. Useasti huono toistettavuus johtuu käytetystä mittaussysteemistä tai mittaussysteemin virheistä. Uusittavuus puolestaan on vaihtelu, joka ilmenee, kun operaattorit mittaavat samaa näytettä. Huonoon uusittavuuteen on usein syynä koulutuksen tai ohjeistuksen puute. Näiden edellä mainittujen vaihteluiden summa on mittaussysteemin kokonaisvaihtelu. (Lunau 2013.)

Gage R&R vaiheen aluksi tehdään suunnitelma, jossa päätetään tutkimuksen parametreista. Suunnittelussa päätetään tutkimukseen osallistuvien operaattoreiden määrä, kuinka monta näytettä tutkitaan ja tulevatko operaattorit tekemään toistoja ja kuinka monta. Jos tutkimukseen valitaan useampi kuin yksi operaattori, tekevät operaattorit ainakin kaksi toistoa jokaisesta näytteestä. Tämän tuloksena saadaan tietoa uusittavuudesta ja toistettavuudesta, jolloin voidaan puhua varsinaisesta Gage R&R-tutkimuksesta. Kun näytteet tulevat prosessin useammasta tuotantoerästä, voidaan tutkimuksella selvittää myös tuotannon vaihtelua. (Alwan 2000 s.611-612.)

10 KOKEELLINEN OSUUS

10.1 Kalanruotokaavio

Liimauksen hallinta projektille perustettiin ydinryhmä, jolla projektia lähdettiin suunnittelemaan ja viemään eteenpäin. Ensimmäisessä ydinryhmän palaverissa käytiin läpi liimauksen hallintaan vaikuttavia tekijöitä, jotka koottiin kalanruotokaavioon (Liite 5).

Kalanruotokaavio jaettiin kuuteen eri osioon: koneet ja laitteet, materiaalit, menetelmät, tieto ja mittaus, ihminen ja ympäristö. Jokaisen osion alle kerättiin ranskalaisin viivoin osiota kuvaavia asioita, jotka tulivat esiin liimausprosessia pohdittaessa. Kohdat; koneet ja laitteet, tieto ja mittaus, sekä menetelmät keräsivät eniten asioita.

10.2 Syy-seuraus analyysi

Kalanruotokaavioon ranskalaisilla viivoilla merkityt kohdat vietiin seuraavaksi syysseuraus Excel-kaavioon (Liite 6). Y ja x-akselille kirjattiin kalanruotokaavioon tulleet ajatukset siten, että molemmille akseleille kirjattiin samat asiat, samassa järjestyksessä. Mikäli x-akselille merkitty kohta oli aikaansaava tekijä y-akselin kohtaan, tällöin x oli syy ja y puolestaan seuraus. Tässä tapauksessa taulukkoon y ja x-akselin risteyskohtaan merkittiin vaikutussuunnaksi y. Esimerkiksi jos x-akselilla oli kohta lämpötila ja y-akselilla kohta viskositeetti, tällöin pääteltiin, että lämpötila vaikuttaa viskositeettiin. Lämpötila oli syy ja viskositeetti seuraus ja vaikutussuuntaa merkittiin y-kirjaimella.

Syy-seuraus jaottelun perusteella lähdettiin pohtimaan selkeitä tekijöitä, jotka ovat suurimpia vaikuttimia liimauksen hallintaan. Syistä (Liite 7) ja seurauksista (Liite 8) johdettiin molemmista omat diagrammit, joiden perusteella tehtiin päätös mihin tekijöihin perehdytään tarkemmin, ja mihin liimauksen hallinnan osa-alueisiin tehtäisiin tarkempia koeajoja.

Syy seuraus analyysin tulosten perusteella kaksi suurinta seurausta (Liite 8) oli tikkuprosentti ja pattien muodostuminen. Seuraavaksi suurimmat seuraukset olivat levitys mittaus, avoin aika, avoimen ajan hallinta ja viskositeetti. Suurimmat syyt analyysin perusteella (Liite 7) olivat latojan ja sahurin havainnointi, puhtaanapito, liima pesuveden sekaan, koulutus ja liimoittimen pesu.

10.3 Laadunvalvontamittausten analysointi

Laadunvalvontamittauksiin valikoituivat liiman viskositeetin mittausta, liiman levitysmäärän mittausta ja tikkuprosentin arviointi. Päätös kohdistaa laatumittaukset edellä mainittuihin kohtiin perustui syy seuraus analyysin tuloksiin ja arvioon siitä, mitä analyysissä esiintyneitä kohtia on mahdollista testata laatumittauksin. Laatumittauksin testattavat mittaukset ja analyysi ovat erittäin tärkeä osa jokapäiväistä liimauksen hallintaa ja operaattoreiden pakollisia työhön kuuluvia toimenpiteitä. Siksi olikin tärkeää selvittää, ovatko kyseiset mittaukset ja analyysit toimivia ja luotettavia liimauksen onnistumisen ja laadun valvonnan kannalta.

10.3.1 Liiman viskositeetti

Liiman viskositeetin mittaukset suoritettiin kolmen ladontalinjan operaattorin toimesta. Operaattorit tekivät mittaukset kymmenestä erilaisesta liimanäytteestä, joista jokaisesta he tekivät kaksi viskositeetti mittausta. Mittaukset tehtiin normaaleissa olosuhteissa, samassa paikassa, jossa liiman viskositeetinmittaukset ladontalinjoilla normaalisti suoritetaan. Liimanäytteet mitattiin satunnaisessa järjestyksessä. Kaikki viskositeetti mittaukset tehtiin samana päivänä siten, että operaattori kerrallaan mittasi ensin kymmenen liimanäytettä, jonka jälkeen näytteiden järjestystä muutettiin ja tehtiin uudet kymmenen mittausta. Näin toimittiin jokaisen kolmen operaattorin kohdalla. Tällä pyrittiin sulkemaan pois liiman viskositeetin muutokset, tekemällä mittaukset samoissa olosuhteissa, mahdollisimman lyhyen ajan sisällä. Mittausten välillä pestiin ja kuivattiin mittausvälineet huolellisesti, jolla pyrittiin välttämään mittausvälineistä johtuvat erot mittaustuloksiin.



Kuva 2. Liimanäytteiden pullotus

10.3.2 Liiman levitysmäärä

Liiman levityksen mittaukset toteutettiin normaaliin tapaan samoilla koeviiluilla, joilla ladonnan operaattorit suorittavat liiman levityksen mittaukset työvuoron aikana. Kyseisessä testissä mittaukset tehtiin samoilla koeviiluilla kahteen kertaan, jokaista operaattoria kohden. Mittauksessa operaattori mittaa ensin viilun leveyden ja korkeuden, sekä viilun painon, ennen viilun liimoitusta. Seuraavaksi viilu ajetaan liimoittimen läpi ja viilu saa pinnalle liimakerroksen. Mittaaja punnitsee liimoitetun viilun painon. Mittausten ja punnitusten jälkeen mittaaja laskee liiman levitysmäärä kaavalla 1.

$$\text{Liiman levitys (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{Liimaviilun paino (g)} - \text{Viilun paino ilman liimaa (g)}}{\text{Leveys (m)} \times \text{pituus (m)}}$$

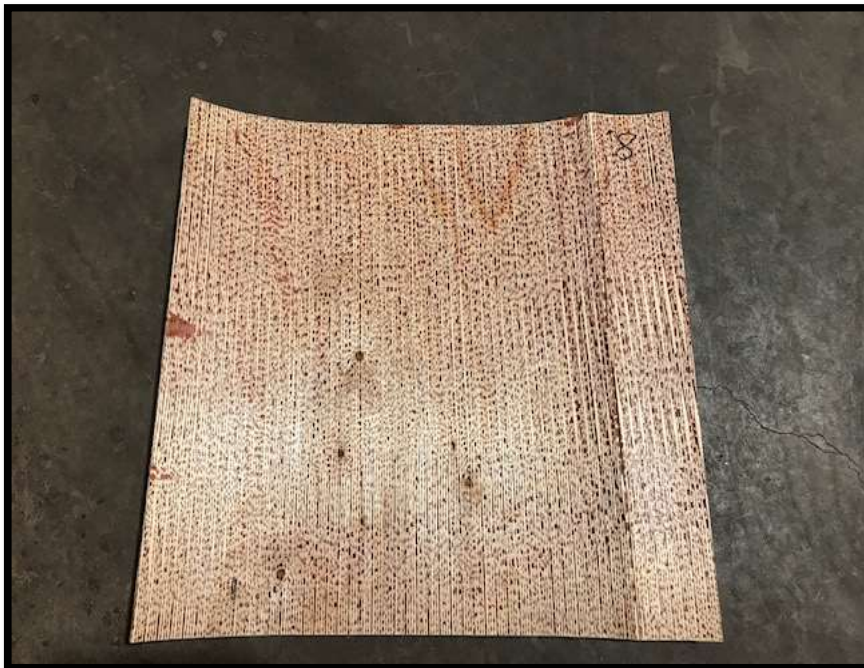
Kaava 1. Liiman levitys

Koemittaukset toteutettiin siten, että ensin kaksi operaattoria mittasivat viilun mitat ja punnitsivat viilut ilman liimoitusta, iltavuorossa 4.11.2018. Kolmas operaattori teki myös samat mittaukset 4.11.2018 yövuorossa, jonka jälkeen viilut ajettiin liimoittimen läpi, liimoitettiin ja jätettiin kuivumaan. Seuraavat mittaukset liimoitetuille viiluille tehtiin 5.11.2018 iltavuorossa, jolloin kaksi operaattoreista laski levitysmäärät, aikaisemmin mainitulla kaavalla. Laskennassa käytettiin edellisenä päivänä mitattuja liimoittamattoman viilun tuloksia ja kyseisenä päivänä tehtyjä liimoitetun viilun punnitustuloksia. Kolmas operaattori teki mittaukset samalla tavalla 5.11.2018 yövuorossa. Viimeiset mittaukset tehtiin 13.11.2018 kahden operaattorin osalta noin kello 13.00 ja kolmannen kello 14.30. Viimeisissä mittauksissa käytettiin siis 4.11.2018 liimoittamattoman viilun mittaustuloksia ja 13.11.2018 liimoitetulle viilulle tehtyjä punnituksia.



Kuva 3. Liimoittamaton koeviilu

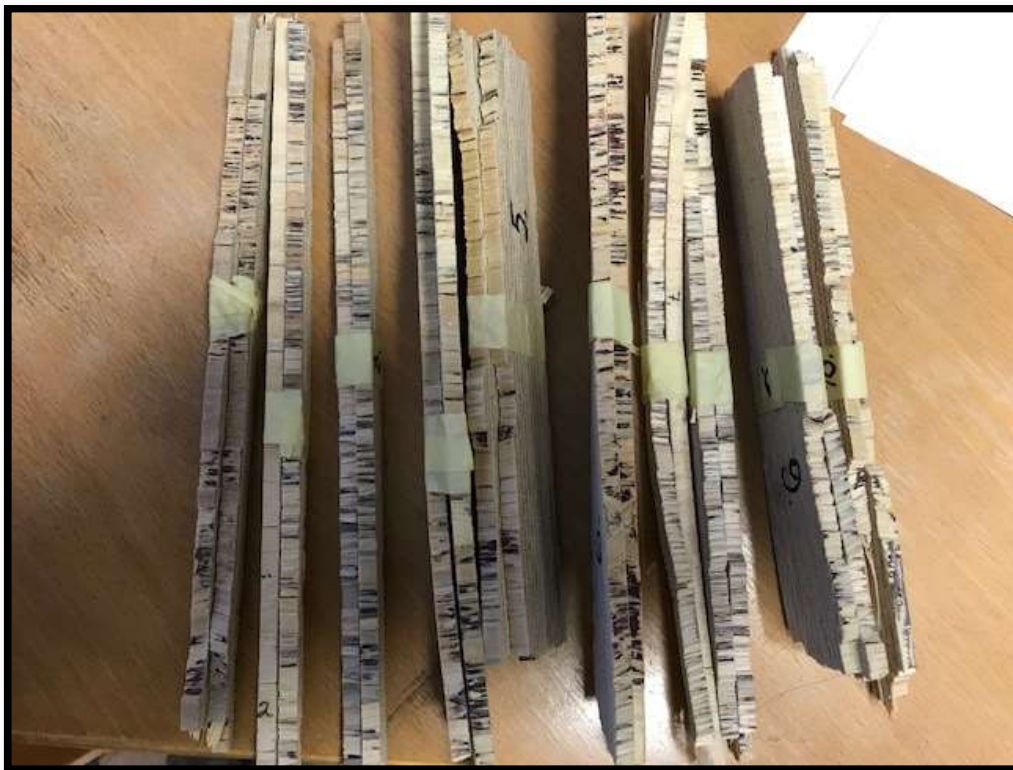
Mittausten koehenkilöiden ollessa eri vuoroissa, oli edellä esitetty tapa helpoin toteuttaa mittaukset. Mittaukset tapahtuivat samoilla viiluilla, samassa paikassa normaaleissa olosuhteissa, jolloin operaattoreiden mittausten välisen aikaeron vaikutusta pyrittiin vähentämään, niin paljon kuin mahdollista.



Kuva 4. Liimoitettu koeviilu

10.3.3 Tikku-% arviointi

Tikkuprosentin arviointi tehtiin kolmen operaattorin toimesta. Operaattoreille esitettiin kymmenen eri näytettä satunaisessa järjestyksessä, näytteet esitetty kuvassa 6. Samat näytteet arviointiin kahteen kertaan, operaattoreiden tietämättä näytteiden olleen samoja molemmilla arviointi keroilla. Kaksi ennalta määritettyä operaattoria arvioi näytteet ensimmäisen kerran 5.11.2018 ja toisen kerran 13.11.2018. Kolmas operaattori arvioi näytteet ensimmäisen kerran 13.11.2018 ja toisen 14.11.2018. Ero näytteiden arviointi ajoissa johtuu operaattorin vaihdosta kesken mittauksen. Arvioitavat näytteet eivät kuitenkaan voineet muuttua millään tavoin mittausten välissä, joten minkäänlaista vaikutusta arviointituloksiin ei ole tullut kappaleiden muutoksista.



Kuva 5. Tikku-% näytepalat

10.4 Koeajot

Päätös koeajojen kohteista tehtiin pitkälti samalla periaatteella kuin laatumittaustenkin kohdalla. Syy-seuraus analyysin perusteella selvitettiin ongelmia ja muutoksia aiheuttavia tekijöitä, joihin olisi syytä puuttua ja perehtyä. Kaikkia kohtia ei olisi mahdollista koeajaa käytännön ja aikataulutuksen kannalta. Liimauksen hallinnan ydinryhmän kanssa pidetyssä palaverissa tehtiin päätökset kohdista, joihin koeajot kohdistetaan, pohjautuen edellä mainittuihin tekijöihin ja keskustelussa tärkeimmiksi katsottuihin asioihin perustuen.

Ennen koeajojen toteutusta tehtiin vielä tarkemmat koeajo suunnitelmat ja koeajo-ohje (Liite1-4), jossa kerrottiin tarkemmat tiedot koeajon toteutuksesta, välineistä, tiedotuksesta ja vastuhenkilöistä.

10.4.1 Liiman ikä

Liiman ikä koeajon tarkoituksena oli selvittää liiman ikääntymisen vaikutusta liiman viskositeetin muutokseen. Koeajo ja mittaukset suoritettiin tehtaan liimakeittiöllä. Liimamikserin valmiista liimapanoksesta otettiin talteen liimanäyte, joka varastoitiin kannelliseen astiaan näytteen ottoa varten. Liima-astiaa säilytettiin lattiatason yläpuolella irti maasta. Mittausta varten otettu liimanäyte otettiin astian keskeltä, jolla pyrittiin välttämään mahdollisesti pinnalle muodostuneen kalvon joutuminen näytteen sekaan. Liiman viskositeetti mitattiin käsin, viskositeettikupilla ja sekuntikellolla. Viskositeetti mittauksen yhteydessä mitattiin myös liiman lämpötila.

Liiman ikä koeajoja suoritettiin kaksi kappaletta. Ensimmäisessä koeajossa ensimmäinen mittaus tehtiin suoraan liimamikseriltä otetusta tuoreesta liimasta. Seuraavat mittaukset tehtiin tunnin välein ja mittauksia tehtiin yhteensä 16 kertaa.

Ensimmäisen koeajon tulosten perusteella (Kuvio 9) tehtiin päätös suorittaa myös toinen koeajo liiman iälle. Toisessa koeajossa liiman säilytys ja mittaukset tehtiin samaan tapaan. Ainoa poikkeus oli, että mittaukset tehtiin kahden tunnin välein ja mittauksia tehtiin yhteensä neljä kappaletta.



Kuva 6. Liiman ikäntymisen mittaus liimakeittiöllä

10.4.2 Liiman lämpötila

Liiman lämpötila koeajolla haluttiin selvittää liiman lämpötilan vaikutusta liiman viskositeettiin. Koeajolla tavoiteltiin liiman viskositeetin muutosta muuttamalla liiman lämpötilaa. Liimanäyte otettiin suoraan liimakeittiön liimamikseryltä ja varastoitettiin muovipulloon. Liiman kuumennus ja mittaukset toteutettiin tehtaan laboratoriossa.

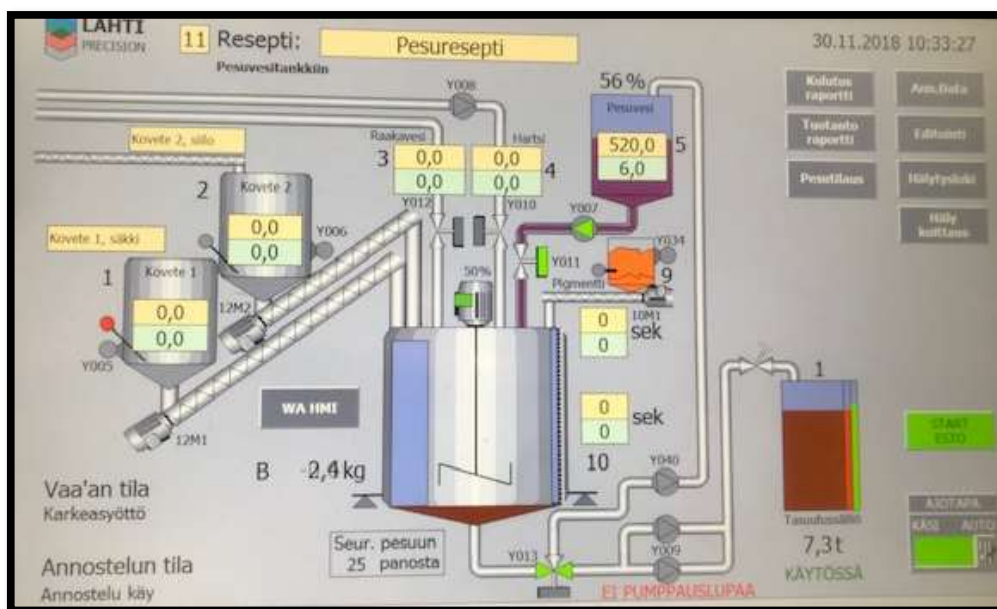
Ensimmäinen mittaus tehtiin liiman ollessa 20 asteista. Seuraavat mittaukset tehtiin kahden asteen lämpötilan nostoilla siten, että kuudes mittaus tapahtui liiman ollessa 30 asteista. Näiden mittausten lisäksi tehtiin vielä yksi mittaus, jossa liiman lämpötila oli 35 astetta.



Kuva 7. Liiman lämmitys vesihauteessa Ultrasonic cleanerillä

10.4.3 Liima pesuveden sekaan

Hartsin ja kovetteen lisäksi liiman valmistuksessa käytetään vettä, koska sillä pystytään vaikuttamaan valmistettavan liiman viskositeettiin. Kertopuun liiman valmistuksessa käytetään vesijohtoveden sijaan suurimmaksi osaksi niin sanottua pesuvettä. Pesuvesi on peräisin ladontalinjoilta, joissa esimerkiksi liimoitin ja liimauksessa käytettävät välineet pestään ja huuhdellaan vesijohtolinjasta saatavalla raakavedellä. Pesussa käytettyä vettä ei päästetä viemäriin, vaan pesuvesi otetaan talteen juuri liiman valmistusta varten. Pesuveteen kertyy liimasta peräisin olevaa kiintoainetta, jolloin se on normaalia raakavettä kiinteämpää. Myös erilaisissa tuotannon häiriötilanteissa on havaittu olevan mahdollista, että valmis liima voi päätyä pesuveden sekaan, jolloin myös pesuveden kiintoaine pitoisuuden katsotaan kasvavan. Pesuveden kiintoaine pitoisuuden noustessa äkillisesti voidaan olettaa sen vaikuttavan myös valmistettavan liiman viskositeettiin.



Kuva 8. Liimakeittön ohjausnäyttö

Liima pesuveden sekaan koeajossa pyrittiin selvittämään pesuveden sekaan ohjautuvan liiman vaikutusta valmistetun liiman viskositeettiin. Koeajossa tavoiteltiin liiman viskositeetin muutosta, muuttamalla pesuveden kiintoaine pitoisuutta ohjaamalla liimaa pesuveden sekaan.

Koeajossa mitattiin liimakeittion liimamixeriltä valmistetusta panoksesta liiman viskositeetti ja lämpötila. Jokaisen valmistetun liimapanoksen ja viskositeetti mittauksen jälkeen liimamixerille ajettiin pesuohjelma. Liiman valmistus resepti pidettiin samana jokaisella panoksella. Valmistaa liimaa ajettiin kerrallaan 100 kg liimakeittion pesuvesisäiliöön.



Kuva 9. Liimamixeri liimakeittiöllä

Ensimmäinen viskositeetti mittaus tehtiin liimapanokselle, jonka valmistuksessa käytettiin raakavettä. Toinen mittaus tehtiin panokselle, jonka valmistuksessa käytettiin pesuvettä ilman liiman ohjaamista pesuvesisäiliöön. Seuraavat viisi mittausta tehtiin siten, että ensin pesuveden sekaan ohjattiin 100 kg liimaa ja tällä pesuvedellä valmistettiin panos. Viimeisen liimapanoksen valmistuksessa käytettiin siis pesuvettä, johon oli lisätty yhteensä 500 kg liimaa. Lopuksi tehtiin vielä kaksi viskositeetti mittausta lisäämättä liimaa pesuveden sekaan, jotta nähtiin mihin viskositeetti asettui koeajon jälkeen.

10.4.4 Liimoittimen pesutaajuus

Liimoittimen pesutaajuus koeajossa haluttiin selvittää mikä vaikutus liimoittimen pesuvälin pidentämisellä on liiman levitysmäärään ja liiman levityksen onnistumiseen. Sekä selvittää mahdollisuuksia liiman levitysmäärän pienentämiseen. Liimoitin pestään noin neljän tunnin välein tuotannon pyöriessä normaalisti. Tavoitteena oli selvittää mitä vaikutuksia tulee, jos liimoitin pestään kahdeksan tunnin välein.

Lohjan kertotehtaan ladontalinjoilla 3 ja 4 on käytössä erilaiset liimoittimet liiman levitykseen. Uudemmallalla 4 linjalla liimoittimen pesu tapahtuu koneellisesti, jolloin liimoittimeen ajetaan pesuohjelma, mitään muita toimenpiteitä operaattoreiden ei tarvitse tehdä. 3-linjalla liimoittimen pesu vaatii operattoreiden fyysisiä toimenpiteitä, jolloin liimanlevitysjärjestelmän liimoitin putki irrotetaan, vaihdetaan uuteen ja vanha putki laitetaan pesuun.

Liiman levitysmäärälle asetetaan ladontaohjelmassa tavoitearvo (g/m^2) paljonko liimaa halutaan levittää viulun pintaan, levitysmäärä vaihtelee eri tuotteiden kohdalla. Liiman levityksen onnistumista mitataan levitys mittauksin, sekä ladontalinjan operaattorin silmämääräisen havaintojen perusteella. Liiman levitys mittaus tehdään 50 cm leveillä ja 50 cm korkeilla koeviiluilla, joita on kolme kappaletta jokaisessa mittauksessa. Kaikki kolme viilua ajetaan samalla kertaa liimoittimen läpi, jolloin saadaan selville levitysmäärä liimoittimen vasemmasta ja oikeasta reunasta, sekä keskeltä. Liiman levitysmäärän mittaускаava on esitetty aikaisemmin kohdassa laatumittaukset ja liiman levitysmäärä.

Työvuoron aikana ladontalinjan operaattoreiden tekemät liiman levitysmittaukset kirjataan tehtaan sähköiseen laadunvalvonta järjestelmään. Molempien ladontalinjojen mittaustulosten tarkastelun perusteella päädyttiin tekemään liimoittimen pesutaajuus koeajo ladontalinjalla 3. Ladontalinja 4 mittaustulokset katsottiin olevan suhteellisen tasaisia liimoittimen oikean, keskimmäisen ja vasemman levityksen osalta, toisin kuin 3-linjalla. Linjan 4

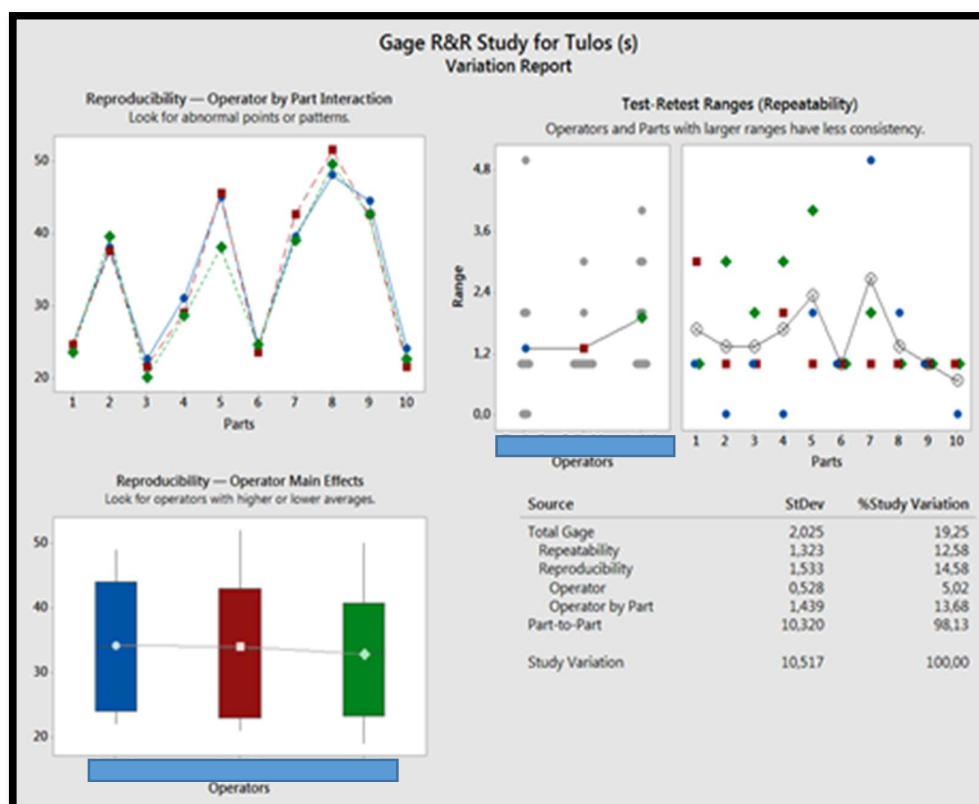
osalta todettiin myös mahdolliseksi pudottaa liiman levitysmäärää 10 g/m² pelkän tulosten tarkastelun perusteella. Liimoitin antoi liimaa viilulle juuri tämän 10 g/m² enemmän, mitä asetus arvo liiman levitykselle oli. Kyseinen koeajo oli myös kohtuullisen haastava toteuttaa molemmilla, sillä pelkästään toiselle linjalle tehty koeajon ajankohta venyi alkuperäisiä suunnitelmia pidemmälle. Syynä tähän oli erityisesti pyrkimys kahdeksan tunnin yhtämittaiselle ladontalinjan käynnille, jossa olisi koko tämän ajan sama tuote ajossa, jolloin liiman levitysmääräkin olisi sama koko koeajon.

Koeajo aloitettiin tekemällä ensimmäinen levitysmittaus ennen liimoittimen pesua. Tämän jälkeen suoritettiin liimoittimen pesu, josta tuntia myöhemmin tehtiin ensimmäinen levitysmittaus. Koeajon suunnitelmana oli tehdä levitysmittauksia tunnin välein, kahdeksan tunnin aikana, tai niin kauan, kun liiman levitykseen saadaan merkittävä muutos. Koeajon jälkeen oli tärkeää palauttaa normaali tilanne ja liiman levitys.

11 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

11.1 Laadunvalvontamittaukset

Tulokset ja tulosten tarkastelu osiossa esitellään erikseen toteutetut laadunvalvontamittaukset ja koeajot. Laadunvalvontamittauksilla haluttiin ensin varmistaa tuotannon operaattoreiden tekemien luotettavuus. Laadunvalvontamittausten perusteella haluttiin saada varmistus siitä, että mahdolliset vaihtelut mittaustuloksissa eivät johdu mittajista ja heidän tavastaan mitata. Tämän jälkeen toteutettiin koeajot, jonka tulosten perusteella haluttiin tunnistaa mahdolliset muutokset liimaus prosessin laadussa.



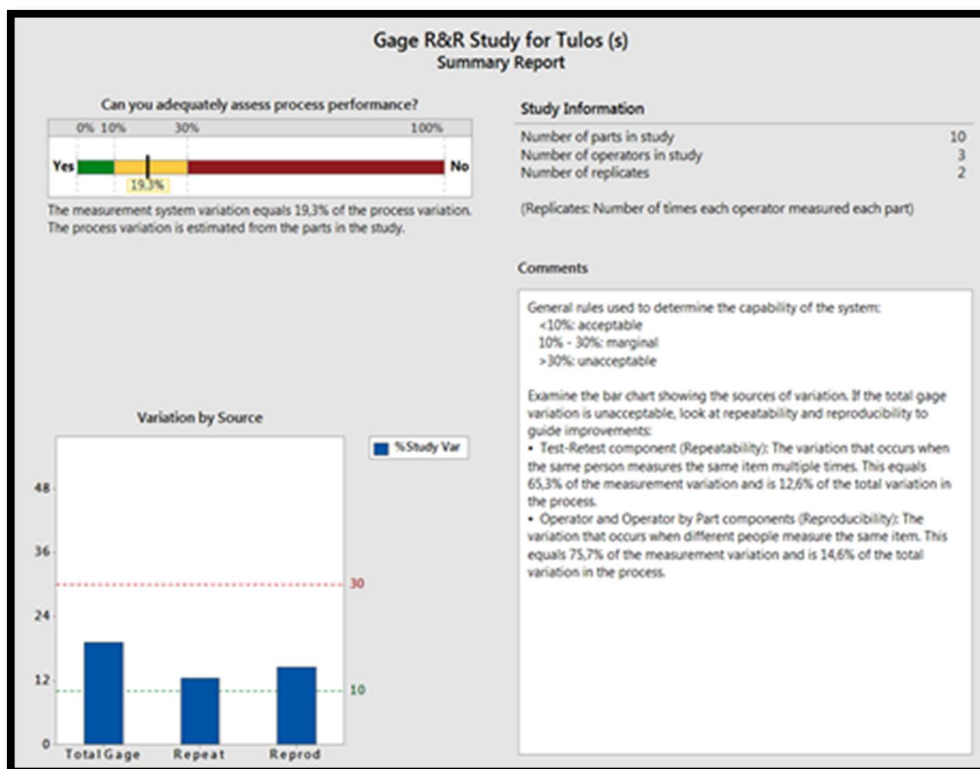
Kuvio 3. Liiman viskositeetin mittaus

Liiman viskositeetin mittaustuloksissa vaihtelu oli melko vähäistä ja kaikki operaattorit pääsivät kaikissa mittauksissa melko lähelle toistensa tuloksia. Ensimmäisestä kuvioista (Reproducibility – Operator by part interaction) voidaan katsoa, että poikkeavia pisteitä tai kuviota ei ole havaittavissa, kaikki ovat melko samoissa arvoissa. Aavistuksen muuttosta saadaan saman näytteen uudelleen mittauksessa (Test – Retest Ranges), mutta vaihtelu ei ole kuitenkaan huolestuttavan suurta. Myöskään operaattoreiden keskiarvoja

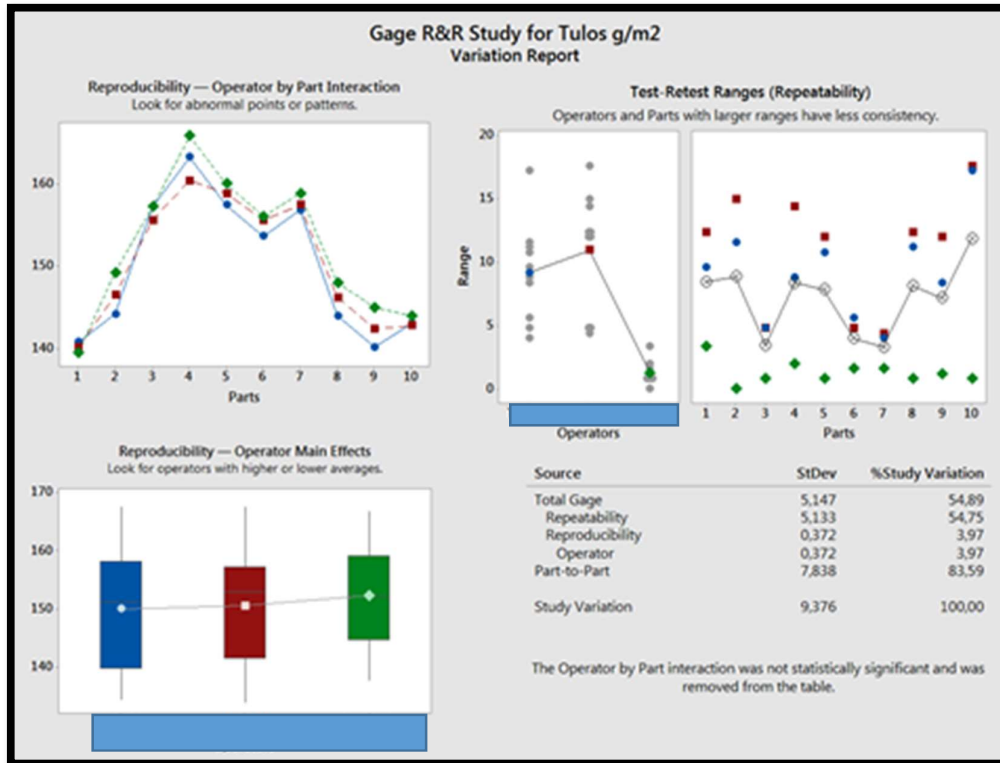
(Reproducibility – Operator main effects) tarkasteltaessa kenenkään tulokset eivät ole huomattavasti muita suurempia tai alhaisempia. Mittausjärjestelmän vaihtelu vastaa 19,3 prosenttia prosessin vaihtelusta. Näin ollen voidaan todeta näiden tulosten perusteella, että nykyinen liiman viskositeetin mittaustapa on toimiva, eikä ole tarvetta tehdä muutoksia nykyiseen tapaan mitata viskositeettia.

Huomioitavaa nykyisessä tavassa mitata liiman viskositeettia on mittaajan suuri vaikutus lopulliseen tulokseen. Esimerkiksi mittauksia tehdessä oli selkeästi huomattavissa mittajien ero, koska heidän mielestään liima noro katkeaa ja ajanotto pysäytetään. Tämä näkyy myös lopullisissa tuloksissa, joissa yhden operaattorin tulokset ovat muutaman sekunnin pienempiä, lähes kaikilla näytteillä. Toki tästä tuleva ero ei ole huomatta, ainoastaan muutamia sekunteja. Mutta selkeästi havaittavissa.

Toinen tuloksiin selkeästi vaikuttava tekijä on mittausvälineiden pesu ja kuivaus, sekä näiden vaikutuksesta johtuva välineiden lämpötila. Voi olla mahdollista, että edellisen vuoron operaattori on pessyt mittakupin huonosti. Tällöin seuraavan vuoron operaattori mittaa viskositeetin valmiiksi likaisella kupilla, jollei hän huomaa tai viitsi pestä kuppia uudestaan. Muuttujia on useita, joihin itse mittaajalla on hyvin suuri vaikutus. Tulosten perusteella voidaan todeta mittaustavan olevan luotettava, kunhan mittaaja tekee mittaukset huolellisesti ohjeiden mukaan.



Kuvio 4. Liiman viskositeetin mittaus yhteenveto



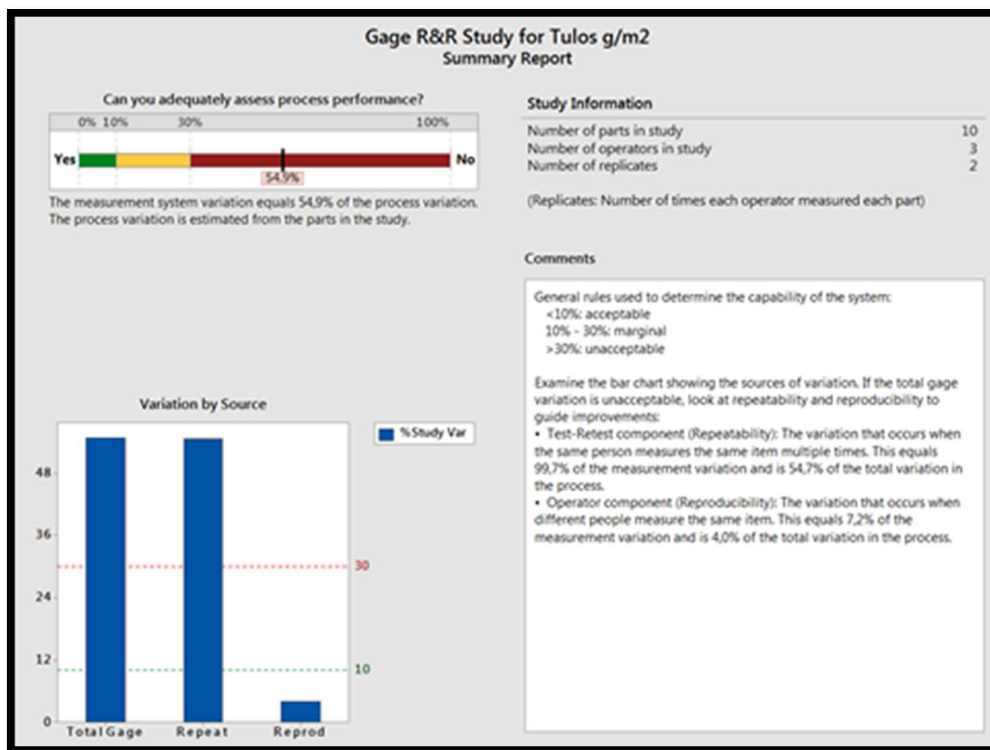
Kuvio 5. Liiman levitysmittaus, vaihtelu

Liiman levitysmäärän mittauksessa operaattorit pääsivät suhteellisen samoihin tuloksiin. Mitään huomattavia piikkejä tai eroja mittauksissa ei tullut esille (Reproducibility- Operator by part interaction). Huomattavampia tuloksia saatiin saman kappaleen mittaamisessa kahteen kertaan, jossa kahden operaattorin kohdalla saatiin näkyviä muutoksia. Kolmannen operaattorin mittaukset olivat suhteellisen saman suuntaisia (Test- Retest ranges (Repeatability)). Tuloksista voidaan lukea että, mittausjärjestelmän vaihtelu vastaa 54,9 prosenttia prosessin vaihtelusta.

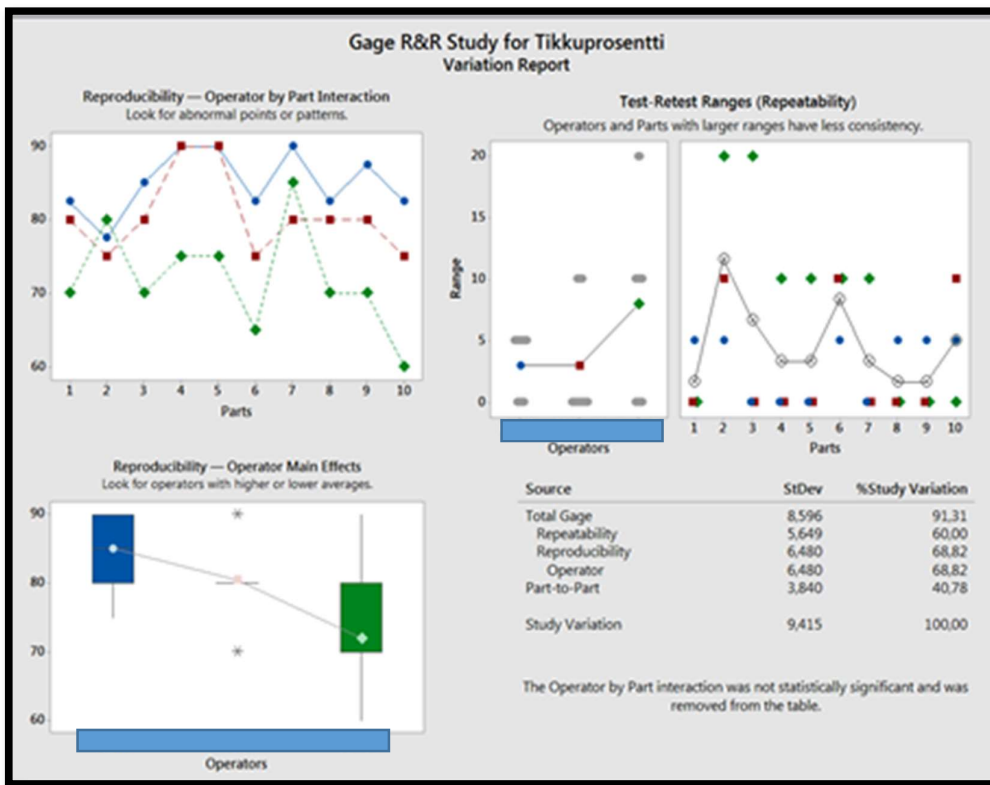
Testin aikana mittauksien vaihteluun saattoi vaikuttaa se että, levitysmittausta ei päästy tekemään aivan samaan tapaan kuin normaalissa tuotannossa. Normaalisti tehdään mittaukset liimoittamattomasta viilusta, jonka jälkeen punnitaan liimoitettu viilu ja saadaan tulokset. Näissä mittauksissa se ei kuitenkaan ollut mahdollista vaan lopullinen punnitus liimoitetusta viilusta tehtiin vasta vuorokausi liimoituksen jälkeen. Myös eri operaattoreiden mittausten välissä oli eroa useampi tunti. Mahdollista liiman haihtumista ja viilun kuivumista on mahdollisesti tapahtunut, joka on voinut hieman vaikuttaa lopullisiin tuloksiin. Kuitenkaan mahdollisten muutosten vaikutuksien ei voida katsoa olevan niin suuria, että ne vaikuttaisivat lopullisten tulosten luotettavuuteen.

Mittausten aikana havaittiin muutamia seikkoja, joista voi muodostua pieniä vaihteluita mittaustuloksiin, niin kyseisessä tutkimuksessa kuin normaalissa tuotannossakin. Koeviilut sahataan mittaan, korkeus 50cm ja leveys 50cm, näin ainakin teoriassa. Koeviiluja sahaavat eri henkilöt ja mitoissa saattaa välillä tulla heittoja. Tällöin onkin tärkeää, että levitystä ottava operaattori mittaa viilun leveydet, eikä ainoastaan luota siihen, että ne ovat oikeassa mitassa. Mitta erot voivat olla pieniä, mutta vaikuttavat levitysmittauksen lopullisiin, oikeisiin tuloksiin.

Lopullisista tuloksista voidaan päätellä, että mittaustapa on riittävän luotettava oikeiden tulosten saamiseksi. Mittaustapaa ei tule muuttaa luotettavien tulosten saamiseksi, koska voidaan luottaa, että ne saadaan nykyiselläkin tavalla. Kuitenkin mahdollisuutta uudistaa kyseistä liiman levityksen mittaustapaa kannattaa harkita, mikäli löytyy jokin luotettavampi ja toimivampi tapa tehdä mittaukset. Nykyinen tapa on paljon mittaajan toiminnasta kiinni, että tuloksista saadaan luotettavia.



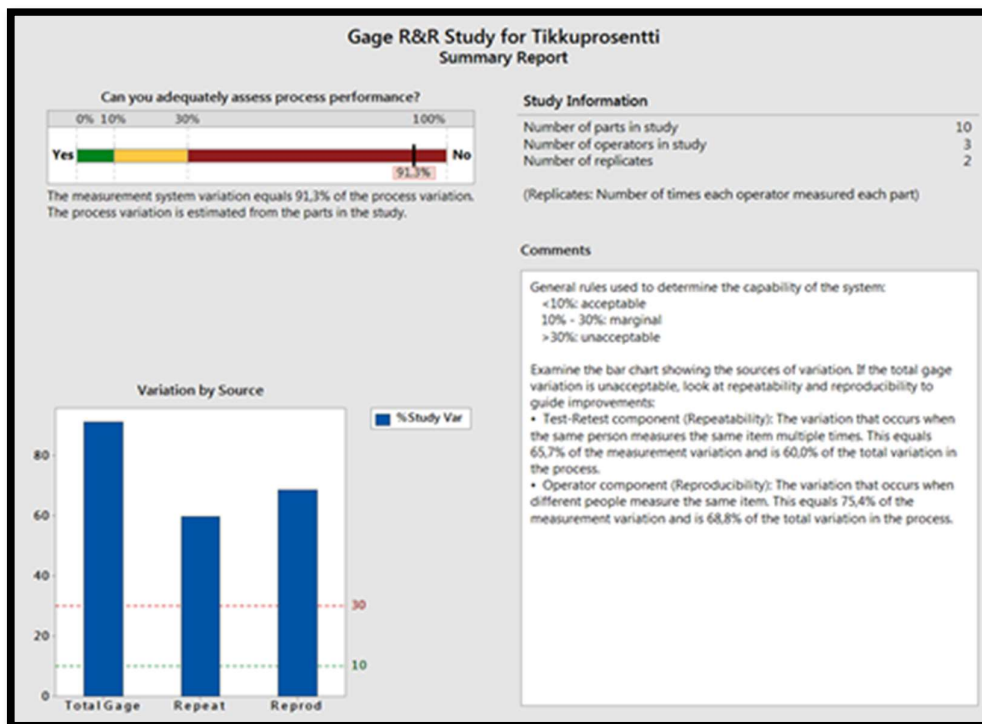
Kuvio 6. Liiman levitys, yhteenveto



Kuvio 7. Tikku-% arviointi, vaihtelu

Tikku-% arvioinnissa operaattoreiden kesken tulokset erosivat todella paljon, kuten ensimmäisestä kuvioista (Reproducibility – Operator by part interaction) voi havaita. Saman kappaleen arviointi kahteen kertaan tuotti myös hieman hajontaa, mutta ei merkittävän paljon. Operaattoreiden keskiarvoissa (Reproducibility – Operator main effects) oli myös suuria heittoja, joita voitiin olettaa tulevan jo ensimmäisten kuvioiden perusteella. Mittausjärjestelmän vaihtelu vastaa 91,3 prosenttia koko prosessin vaihtelusta, jota ei voida pitää hyväksyttävänä toimivaa mittausjärjestelmää arvioitaessa.

Vaikka tulokset heittelivät eri operaattoreiden kesken todella suuresti, on muistettava, että visuaalista arviointia tehtäessä ovat tulokset usein hyvin vaihtelevia. Operaattoreilla ei ollut mitään mihin verrata näytteitä vaan arviointi tapahtui ennalta opitun ja oman arvion perusteella. Todennäköistä on kuitenkin että, operaattorit osaavat tunnistaa alle 50% tikun, jos sellainen tulee eteen. Tällä hetkellä operaattoreiden työpisteistä löytyy kuvallinen ohjeistus tikku prosentin arviointiin, ehkä myös arviointi olisi tällä hetkellä tasaisempaa. On kuitenkin syytä pohtia, olisiko tikku-% arviointiin jokin muu keino, tai tapa toteuttaa se.



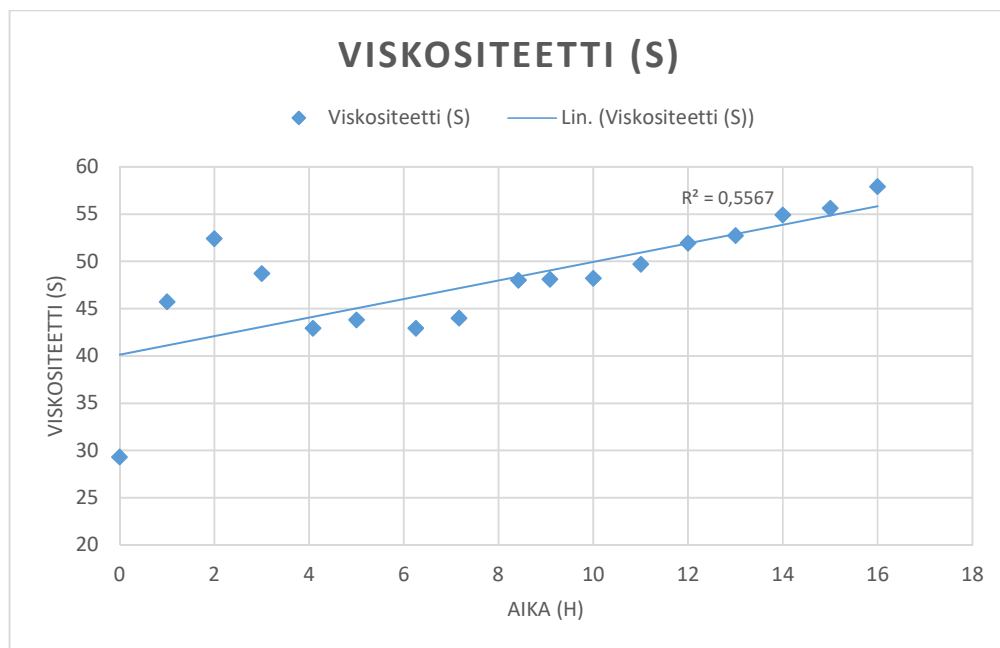
Kuvio 8. Tikku-% arviointi, yhteenveto

11.2 Koeajot

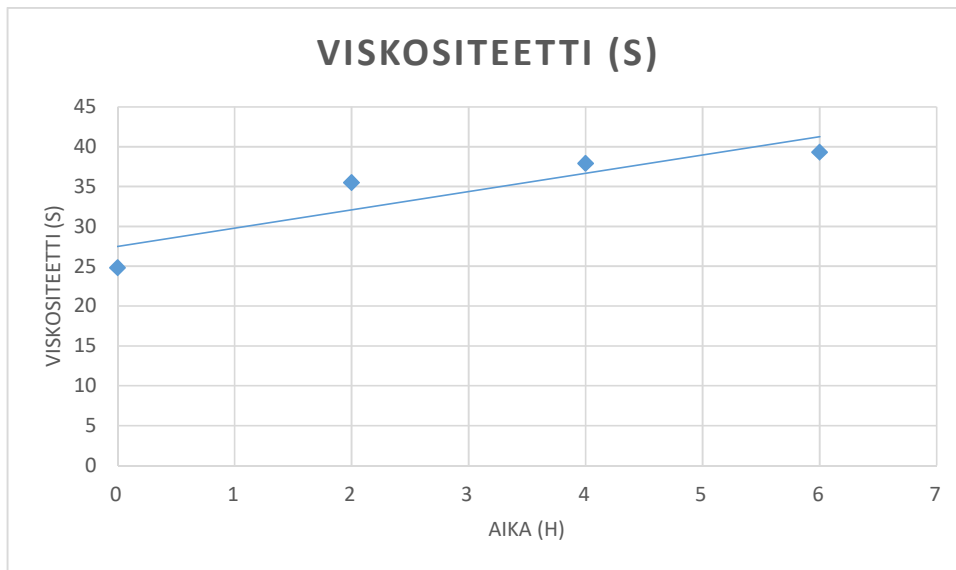
11.2.1 Liiman ikä

Koeajon tuloksissa (Kuvio 9.) on havaittavissa selkeää piikki ensimmäisestä tunnista kolmeen tuntiin, jossa liiman viskositeetti nousee selkeästi. Neljän tunnin kohdalla piikki on ohitettu ja viskositeetti laskee, tämän jälkeen viskositeetti nousee tasaisesti viimeiseen 16 tunnin kohdalla tehtyyn mittaukseen saakka.

Mitään varmaa ja selkeää selitystä mittaustuloksissa esiintyvälle viskositeetin piikille ei osattu ensimmäisen koeajon jälkeen määrittää. Tästä johtuen päätettiin tehdä toinen koeajo, jolla haluttiin nähdä, toistuuko samanlainen tapahtuma.



Kuvio 9. Liiman ikä, ensimmäinen koeajo

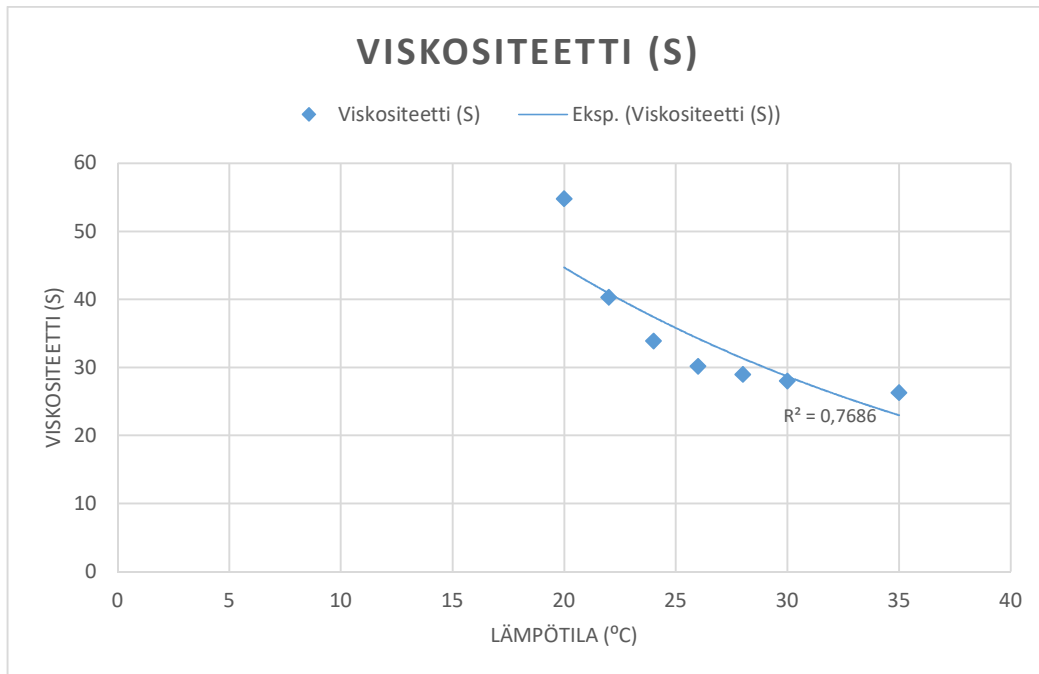


Kuvio 10. Liiman ikä, toinen koeajo

Toinen koeajo toteutettiin ensimmäisestä poiketen siten, että toisessa mittaukset tehtiin kahden tunnin välein ja kuuteen tuntiin saakka. Tällä aikavälillä katsottiin tapahtuvan ensimmäistä koeajoa vastaava viskositeetin piikki, jos näin olisi tapahtuva. Vastaavaa piikkiä ei kuitenkaan tullut (Kuvio 10.), vaan viskositeetti nousi erittäin tasaisesti mittausten välillä. Ensimmäisen mittauksen viskositeetti piikin syyksi voidaan arvella liiman säilytysastian pinnalle muodostuneen kalvon joutumista mittakuppiin, joka vaikutti mittaustulokseen. Mittausvirhe, mittakuppiin jäänyt kosteus, tai mittakupin lämpötila erot voisivat olla mahdollisia syitä. Mittaustapa, paikka ja ympäristön olosuhteet pysyivät samoina, liimaa säilytettiin samassa paikassa, mitään selkeää muutosta ei tapahtunut. Siksi mitään varmaa syytä viskositeetin piikille ei osata määrittää.

Molemmista mittaustuloksista on joka tapauksessa luettavissa liiman viskositeetin tasainen nousu liiman ikääntyessä. Kyseinen oletus oli jo ennen mittauksia ja mittausten jälkeen näille oletuksille saatiin vahvistus.

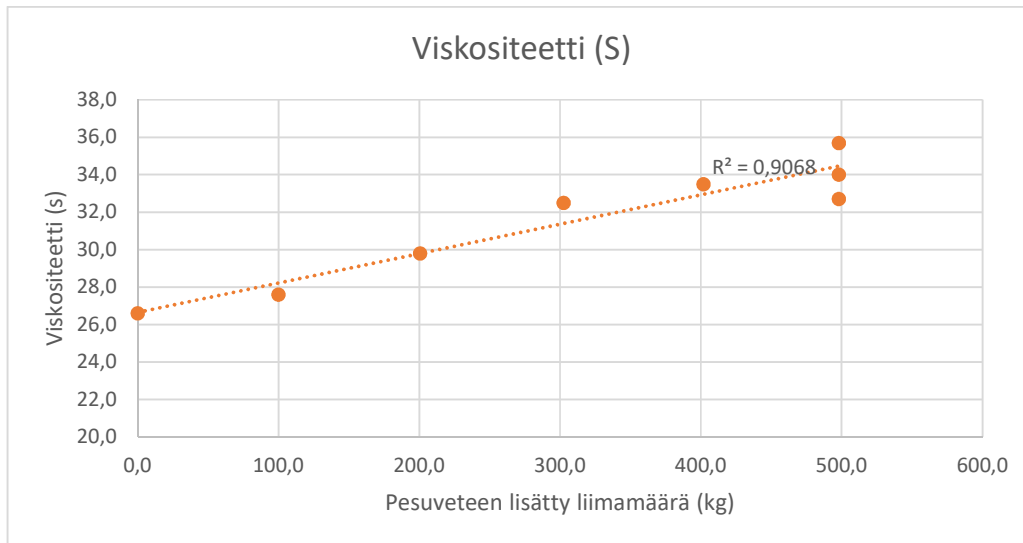
11.2.2 Liiman lämpötila



Kuvio 11. Liiman lämpötila koeajo

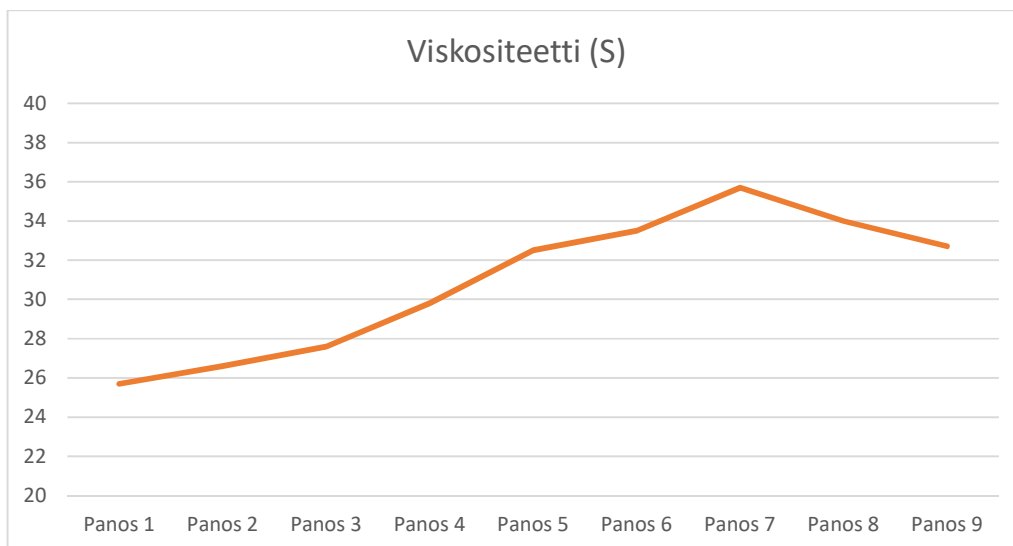
Liiman lämpötilan vaikutukset viskositeetin muutoksiin on selkeästi havaittavissa koeajon tuloksista (Kuvio 11.), jossa viskositeetti lähtee melko jyrkkään laskuun liiman lämmetessä. Selkeä muutos tapahtuu jo viidessä lämpöasteessa, joka on pahimmillaan noin 25 sekunnin muutos viskositeetissa.

11.2.3 Liima pesuveden sekaan



Kuvio 12. Liima pesuveden sekaan, tulokset

Liiman pesuveden sekaan koeajon tuloksista on helppo havaita viskositeetin muutos, joka kasvaa tasaisesti suhteessa liiman määrään pesuvedessä. Viskositeetti kasvaa noin kahdella sekunnilla aina kun pesuveden sekaan lisätään sata kiloa valmista liimaa. Viskositeetin muutosta voidaan pitää melko huomattavana, jota on kuitenkin helppo ennustaa ja hallita mikäli tiedetään pesuveden sekaan lisätty liiman määrä.



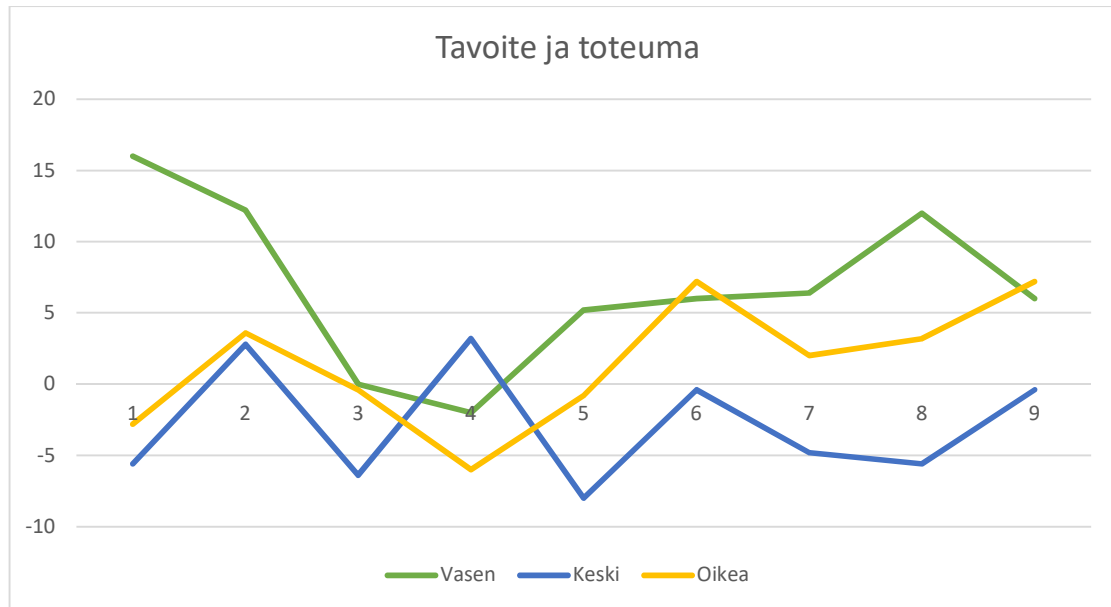
Kuvio 13. Liima pesuveden sekaan, tulokset 2

Koeajon lopuksi oli tärkeää pystyä palauttamaan liiman valmistukseen niin sanottu normaali tilanne ja varmistamaan liiman tasainen viskositeetti myös koeajon jälkeen. Seitsemännen panoksen jälkeen tehdyt mittaukset osoittivat, että viskositeetti ei jatkanut enää nousua, vaan jopa hieman laski (Kuvio 13.). Viskositeetin lasku seitsemännen panoksen jälkeen voi johtua kiintoaineen painumisesta pesuvesisäiliön pohjaan, koska pesuvesisäiliössä ei ole sekoitinta, toisin kuin on esimerkiksi samanlaisessa valmisliimasäiliössä. Jos pesuvesisäiliössä olisi sekoitin, ei kiintoaine pakkautuisi säiliön pohjaan, vaan lähtisi kiertoon liiman valmistuksessa. Tällä voitaisiin välttyä myös mahdollisilta tukoksilta säiliön pohjaventtiilissä ja säiliön puhdistus voisi vaatia myös vähemmän aikaa.

Samalla myös viskositeetin vaihtelua voitaisiin saada tasaisemmaksi, kun säiliössä oleva kiintoaine lähtisi tasaisempana määränä kiertoon. Kuten koeajon tuloksista (Kuvio 12.) huomattiin oli liiman määrällä, eli tässä tapauksessa kiintoaineella pesuveden seassa suuri merkitys valmistettavan liiman viskositetettiin. Kun joka tapauksessa tuotanto prosessissa liimaa päätyy pieniäkin määriä pesuveden sekaan, olisi järkevää hallita näidenkin määrien kiertoa pesuvesisäiliöstä eteenpäin. Selkein ja helpoin tapa siihen olisi edellä mainittu sekoitin pesuvesisäiliössä.

11.2.4 Liimoittimen pesutaajuus

Liimoittimen pesutaajuus koeajon tuloksia tarkastellessa on huomioitavaa liiman levitysmäärän muutos kesken koeajon. Kolme ensimmäistä levitysmittausta tehtiin liiman levitysmäärän ollessa asetearvoltaan 20 g/m² korkeampi kuin loppuissa koeajon mittauksissa. Tästä johtuu tuloksissa oleva levitysmäärän selkeä lasku (Kuvio 14). Levitysmäärän muutoksella kesken koeajoa ei pitäisi olla selkeää vaikutusta loppuihin mittauksiin tai lopullisiin koeajon tuloksiin.



Kuvio 14. Liiman levitysmäärä tavoite ja toteuma

Liiman levitysmäärän tavoite ja toteuma määrästä (Kuvio 15.) huomataan, että liimoittimen vasemman ja oikean reunan levitysmäärät ovat melko lähellä toisiaan. Keskimäinen puolestaan eroaa selkeämmin kahdesta muusta. Kaikkien kolmen toteutuneet levitysmäärät ovat kuitenkin niin riittävän lähellä toisiaan, että tämän koeajon perusteella liimoittimen pesuvälin siirtäminen neljästä tunnista kahdeksaan tuntiin on mahdollista.

Mikäli liimoittimen keskiosan toteutunut levitysmäärä saataisiin lähemmäksi reunimmaisaa, olisi liiman asete arvoa mahdollista vähentää noin kahdella grammalla per neliö, jolloin liiman kulutusta voitaisiin vähentää ja näin saataisiin aikaan kustannussäästöjä. Levitysmäärän tasaiseksi saaminen voisi olla mahdollista liimoittimen virtauksen hallinnalla.

12 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

12.1 Mittaussysteemin analysointi

Mittaussysteemin analysoinnin perusteella todettiin, että nykyinen liiman viskositeetin mittaustapa on luotettava tapa selvittää liiman viskositeetti tuotanto prosessissa. Liiman viskositeetin vaihtelut saadaan myös selville nykyisillä mittausvälineillä ja mittaustavoilla riittävän luotettavasti. Mittaajien väliset erot eivät estä luotettavan mittaustulosten saamista, uskotaan, että jokainen operaattori tunnistaa muutokset ja osaa reagoida niihin.

Liiman levitysmäärän mittaustapa on nykyisellään myös riittävän luotettava tapa mitata. Mittaajista ja mittauksessa käytettävistä koeviluista johtuva vaihtelu on syytä huomioida ja tämän takia tarkastella mittaustulosten luotettavuutta myös jatkossa. Uusien mittausmenetelmien ja välineiden päivitystä on myös järkevää tarkastella tulevaisuudessa.

Huolestuttavin mittaustulosten analysoinnissa oli tikkuprosentin arviointi, joka oli tulosten perusteella lähes täysin epäluotettava tapa arvioida liimauksen laatua. Vaikka kyse on visuaalisesta arvioinnista, jossa tulokset eroavat paljon eri arvioitsijoiden kesken, on tulosten perusteella mittaussysteemi epäluotettava. Mittaussysteemin analysoinnin jälkeen on tähän mittaustapaan tuotu lisää opastusta ja informaatiota, kuvallisen esimerkin avulla. Tästäkin huolimatta olisi järkevää toistaa uusi mittaussysteemin arviointi, selvittää onko sillä ollut vaikutusta ja tarvittaessa tehdä muutoksia tähän laadunvalvonnan mittaustapaan. Todettakoon kuitenkin, että analysoinnin huonosta tuloksesta huolimatta uskotaan, että operaattoreilla on kyky ja osaaminen löytää tuotteen hylkäämiseen johtava tikkuprosentin tulos. Hylkäykseen johtava tikkuprosentti on kuitenkin selkeästi helpompi havaita, kuin mittaussysteemin analysoinnissa käytetyt hyväksyttävät tikut.

12.2 Liimauksen hallinta

Tutkimuksen alussa tuli esille monia oletuksia, josta vaihtelut liimausprosessin sisällä johtuvat. Suurimmalle osalle näistä oletuksista saatiin tukea mitatun datan muodossa, mutta myös joitain asioita jäi osin ratkaisematta ja myös uusia oletuksia luotiin.

Liiman ikääntymisen todettiin nostavan tasaisesti liiman viskositeettia. Liiman valmistuksen jälkeen liiman siirtyessä liimamikseristä valmisliimasäiliöön, alkaa välitön viskositeetin kasvu. Mitä kauemmin liimaa varastoidaan valmisliimasäiliössä ennen liiman käyttöä, jatkuu viskositeetin kasvu. Valmisliimasäiliön liiman määrällä on siis mahdollista tasoittaa

prosessissa tapahtuvaa viskositeetin vaihtelua. Erityisesti huomioitavaa on tuotannon seisakkiensa yhteydessä tapahtuva liiman valmistuksen aloitus ja lopetus. Ennen suunniteltua tuotantoseisakkeita liimat ajetaan loppuun valmisliimasäiliöistä, puhdistusten ja huoltotoimien takia. Näiden toimien jälkeen aletaan valmistaa uutta liimaa ja täyttämään suuria valmisliimasäiliöitä. Näissä ajankohdissa liiman iästä johtuvat viskositeetin vaihtelut ovat vääjäämättömiä, jolloin tässä kohdassa viskositeetin muutoksiin olisi helpoin vaikuttaa. Käytännössä viskositeetin hallinta tapahtuisi liiman valmistuksessa käytettävän veden määrää muuttamalla. Mikäli tiedetään käytössä olevan nuorta liimaa, valmistetaan tällöin uutta liimaa hieman pienemmällä veden määrällä, jolloin liima on sakeampaa ja viskositeetti korkeampi. Vanhempaa ja kauemmin valmisliimasäiliössä seissyttä liimaa käytettäessä, voidaan uuden liiman valmistuksessa käyttää enemmän vettä.

Normaalissa tuotantotilanteissa tapahtuvaa viskositeetin nousua tai laskua on helppo ja turvallinen tapa hallita, yksinkertaisesti muuttamalla valmisliimasäiliön pinnankorkeutta. Turvallinen tapa on siksi, että tällä ei saada aikaan nopeasti merkittävän suuria muutoksia, vaikka viskositeetin muutos johtuisikin jostain muusta, kuin valmiista liiman määrästä. Tehtyjen koeajojen jälkeen, tämä kyseinen tapa hallita viskositeettia on ollut käytössä useamman kerran, ja sillä on saatu tasoitettua viskositeetin, yleensä selkeää kasvua, valmisliimasäiliön pintaa laskemalla.

Liiman lämpötilan koeajoa aloitettaessa oli selvä oletus, että lämmön vaikutus tulee olemaan selkeästi havaittavissa koeajon tuloksista. Myös tuotannossa oli selkeä oletus, että lämpötila on suurin ja osin jopa ainoa syy liiman viskositeetin muutoksiin. Koeajon perusteella todettiin lämpötilan vaikutuksen olevan suuri mutta samalla toimenpiteet, joita tehdään lämpötilan vaikutuksesta, olisi oltava harkittuja. Prosessissa on otettu huomioon lämpötilan vaihtelut muuttamalla viskositeetin hälytysrajoja erikseen talvelle ja kesälle. Liiman viskositeetin heilahdellessa on yleinen tapa ollut muuttaa liiman valmistuksen reseptiä, käytännössä lisäämällä tai vähentämällä veden määrää valmistuksessa. Tärkeää ennen reseptin muuttamista olisi selvittää mistä viskositeetin muutokset ovat johtuneet. Jos muutos liiman viskositeettiin on johtunut esimerkiksi talvella pidemmäksi aikaa auki jääneestä nosto-ovesta ja sen seurauksena johtuvasta lämpötilan muutoksesta. Jos tämä huomioimatta tehdään muutoksia liimareseptiin on tuloksena varmasti heittelevät liiman viskositeetit, kun auki olleen oven sulkemisen jälkeen normaali lämpötila tuotantotiloissa palautuu, mutta liimareseptiä on jo ehditty muuttaa.

Liiman lämpötilaan ja oletuksiin viskositeetin vaihteluista liittyen tuli opinnäytetyötä tehdessä esille asia, jossa liiman viskositeetin huomattiin vaihtelevan. Uuden hartsikuorman tultua tehtaalta, uskottiin viskositeetin vaihtelun johtuvan uudesta hartsista. Tuotannossa

pohdittiin hartsin olevan tuoretta, mikä taas vaikutti viskositeettiin. Liiman valmistajalta saadun tiedon perusteella uudella hartsilla ei voinut olla mahdollisuutta vaikuttaa viskositeetin vaihteluihin. Liiman lämpötilan koeajon tuloksiin perustuen, hartsin purkamisella saattaisi olla jotakin vaikutuksia liiman viskositeettiin. Hartsin purkamisen yhteydessä liimakeittiöön kuljetaan useaan kertaan ulkoa ovesta, josta ilmavirta pääsee lämmitettyyn liimakeittiöön. Erityisesti talvella voisi kylmällä pakkasilmalla olla jotakin vaikutusta liimakeittiön lämpötilaan, ja sitä kautta viskositeetin vaihteluun. Liimauksen hallinnan kannalta olisi mielenkiintoista selvittää tarkemmin uuden hartsin vaikutukset mahdollisiin viskositeetin vaihteluihin.

Aikaisemmin tuotannossa ilmeni ongelmaa, jossa toiselta ladontalinjalta päätyi valmista liimaa prosessissa käytettävän pesuveden sekaan. Nyt tämä ongelma on saatu ratkaistua automaatio muutosten avulla, eikä vastaavaa ongelmaa ole enää esiintynyt. Toinen syy miksi liimaa päätyi pesuveden sekaan, oli ongelmat liimamikserillä, jossa ongelmatilanteissa saattoi joutua ajamaan suuren määrän valmista liimaa pesuveden sekaan, jotta sai kuitattua liimakeittiön häiriön. Häiriöiden lisäksi valmista liimaa päätyy pieniä määriä pesuveteen liimauksessa käytettävien välineiden pesusta, jolloin tämä vesi käytetään hyväksi liiman valmistuksessa.

Koeajo liima pesuveden sekaan antoi todella selkeät tulokset vaikutuksista liiman viskositeetin muutoksiin. Samalla tuloksista saatiin selville mahdollisuus hallita viskositeetin nousua, mikäli tiedetään paljonko pesuveden sekaan, on päätynyt liimaa. Yksinkertaisena johtopäätöksenä, pesuveden sekaan päätynyt liima vaikuttaa tasaisen varmasti liiman viskositeettiin. Viskositeetin muutos on kuitenkin hallittavissa lisäämällä pesuveden määrää uuden liiman valmistuksessa.

Liimoittimen pesutaajuus koeajo toteutettiin tässä tutkimuksessa vain toiselle tehtaan ladontalinjoista. Tämän koeajon perusteella voitiin selkeästi todeta, että liimoitinta ei ole tarpeen pestä nykyisellä neljän tunnin välillä, vaan pesuväliä voidaan venyttää jopa kahdeksaan tuntiin. Liiman levitysmäärät pysyivät sallituissa rajoissa, eikä liimanlevitysjäljessä ollut valittamista. Liiman määrää levityksessä ei voida tämän koeajon perusteella laskea, johtuen liiman levitysmäärän eroista liimoitin putken eri kohdissa. Mikäli liiman levitys putken keskikohdalla olisi lähempänä oikeaa ja vasenta reunaa, olisi liiman levitysmäärän pudotus mahdollista, jopa usealla grammalla neliometriä kohden.

13 KEHITYSEHDOTUKSET

Laatumittauksien luotettavuuden selvityksessä korostui mittauksia tekevien operaattoreiden huolellisuus oikeiden tulosten saamiseksi. Kuten aikaisemmin opinnäytetyön tekstiosuudessa viitattiin Crosbyn tekstiin, on johdon tehtävä tunnistaa yrityksen laatumuuttajat, asettaa tavoitteet ja viestittää ne henkilöstölle. Niinpä onkin tärkeää, että mittausten tekemisen huolellisuutta ja tulosten tärkeyttä prosessin kannalta korostetaan ja tarvittaessa testataan mittaussysteemiä uudelleen. Erityisesti tikkuprosentin arvioinnin tulosten perusteella olisi järkevää toteuttaa uusi mittaussysteemin analysointi, jolla voitaisiin katsoa ovatko tulokset muuttuneet luotettavimmiksi, mittausta parantavien toimenpiteiden jälkeen.

Mittavälineet luotettavien tulosten saamiseksi ovat tällä hetkellä riittävät, mutta jatkossa voisi olla järkevää selvittää myös uudempien mittausvälineiden käyttämistä. Erityisesti viskositeetin mittausta, jossa kone mittaa viskositeetin ilman ihmisen havainnointiin liittyviä toimenpiteitä. Liiman levitysmäärän mittauksen kehittäminen, korvaamalla tällä hetkellä käytössä olevat kertakäyttöiset, mittaan sahatut koevilut, jollakin muulla materiaalilla. Esimerkiksi kumi tai muovipintaisten levityspalat, joita olisi mahdollista käyttää mittaukseen useampia kertoja, nykyisten kertakäyttöisten, puusta valmistettujen sijaan.

Tärkeänä osana liimauksen hallinnan opinnäytetyötä oli viskositeetin vaihtelun selvittäminen ja vaihtelun vähentämien. Viskositeetin vaihtelua pystytään parhaiten tasoittamaan pitämällä olosuhteet tuotantotiloissa mahdollisimman tasaisena, erityisesti lämpötila. Mikäli viskositeetti alkaa vaihtelevaan on erityisen tärkeää selvittää ensimmäiseksi, mistä muutos viskositeetissä johtuu. Vaikutus viskositeettiin on voinut olla lämpötilan muutos, talvella auki jääneestä ovesta. Pidempi tuotantokatkos, jolloin valmisliimasäiliössä on ikääntynyttä liimaa. Tai liimakeittion järjestelmässä on tullut häiriö ja liimaa on päätynyt pesuveden sekaan. Kun syy viskositeetin muutokseen on selvinnyt, voidaan lähteä tekemään toimenpiteitä ja kohdistaa toimenpiteet oikeisiin asioihin. Tällä vältytään turhilta toimenpiteiltä, joilla saatetaan sekoittaa lisää jo ennestään muuttunutta liiman viskositeettia.

Liimauksen hallintaprojektin alussa selkeä ongelma oli pesuveden sekaan erilaisista syistä päätynyt valmis liima. Ongelma on saatu suurimmaksi osaksi jo poistettua, mutta mikäli vastaavaa jatkossa ilmenee, on sillä mittaustulosten perusteella selkeä vaikutus viskositeetin vaihteluun. Mittaustulosten perusteella on myös mahdollista johtaa taulukko, jossa olisi ohjeet liimareseptin muutoksiin, mikäli tiedetään paljonko liimaa on päätynyt pesuveden sekaan. Tällä olisi mahdollista tasoittaa viskositeetin vaihtelua, valmistamalla

uutta liimaa matalammalla viskositeetilla ja muuttamalla pesuveden määrää liima reseptissä.

Häiriötilanteista huolimatta pesuvesisäiliöön päätyy joitakin määriä kiintoainetta, pääasiassa liimauslaitteiston pesuveden mukana. Liima pesuveden sekaan koeajossa huomattiin viskositeetin lähtevän laskuun koeajon lopussa (Kuvio 13.). Tämän arveltiin johtuvan kiintoaineesta, joka painuu säiliön pohjaan ja pakkautuu sinne. Tämän perusteella ehdotetaan pesuvesisäiliöön sekoitinta, jolla kiintoaine saataisiin kiertoön säiliön pohjalta. Tällä vältyttäisiin mahdollisilta tukoksilta säiliön poistoventtiilien osalta, säiliön puhdistukseen käytettävä aika huoltoseisakeissa lyhenisi ja kiintoaine olisi tasaisemmin liiman valmistuksen kierrossa.

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet:

Crosby, P. B. 1985. Laatu on ilmaista. Helsinki: Laatuteema Oy

Liski, K. 2017. Puulevyteollisuus, LVL-teollisuus. Suomi: Kirjakaari Oy

Mäkinen, T. 2017. Puulevyteollisuus, puulevyteollisuuden liimat. Suomi: Kirjakaari Oy

Salomäki, R. 1999. Suorituskykyiset prosessit – hyödynnä SPC. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Stephen, L, Renata, M, Alexander, J, Olin, R, Christian, S. 2013. Six Sigma +Lean Toolset. Frankfurt: UMS Consulting GmbH.

Talentum Media Oy & Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Sähköiset lähteet:

Karjalainen, T. 2007. Aivoriihellä luovuutta ryhmätyöskentelyyn [viitattu 15.6.2019].

Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/luova-ajattelu/>

Karjalainen, T. 2014. Informaation luotettavuus on usein kehityksen este – Tunnista mittaussysteemin vaihtelu [viitattu 3.1.2019]. Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/mittaussysteemin-vaihtelu/>

Kuusisto, L. 2007 Gage R&R menetelmän soveltaminen taajuusmuuttajan ohjaukseen funktionaalissa testauksessa [viitattu 18.1.2019]. Saatavissa: <http://lib.tkk.fi/Dipl/2007/urn009964.pdf>

Metsä Wood, 2018. Metsä Wood lyhyesti [viitattu 20.1.2019] Saatavissa: <https://www.metsawood.com/fi/yritys/Pages/Yritys.aspx#Mets-Wood-lyhyesti>

Metsä Group, 2018. Taloustietoa [viitattu 15.2.2019]. Saatavissa: <https://www.metsagroup.com/fi/Taloustietoa/>

Patjas, O. 2016. Testiaseman päivitys ja saannon tutkiminen sekä parantaminen [viitattu 15.6.2019]. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/122419/patjas_otso.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Salminen, S. 2014. Mitä laatu on? [viitattu 11.6.2019]. Saatavissa:

<https://www.aaltoee.fi/aalto-leaders-insight/2014/mita-laatu-on-osaammeko-maaritella-sen>

SFS RY 2016. Mitä on laatu? [viitattu 18.1.2018]. Saatavissa:

https://www.sfs.fi/ajankohtaista/uutiskirjeet/uutiskirjeet_2016/mita_laatu_on_artikkeli

Quality Karjalainen Oy. 2019. Vaihtelu ja PDCA [viitattu 3.1.2019]. Saatavissa:

<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/vaihtelu-ja-pdca/>