

VIILUN VERKKOKUIVAUSLINJAN LAJITTELUN PARANTAMINEN

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Puutekniikan koulutusohjelma
Puutuotetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2007
Vili Forsblom

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty UPM-Kymmene Wood Oy:n Heinolan-vaneritehtaalle keväällä 2007.

Opinnäytetyön ohjaajana Lahden ammattikorkeakoulun puolesta toimi DI Mikko Salmi ja UPM-Kymmene Wood Oy:n puolesta vaneritehtaanjohtaja Tommi Takanen.

Lahdessa 2.5.2007

Vili Forsblom

Lahden ammattikorkeakoulu
Puutekniikan koulutusohjelma

FORSBLOM, VILI: Viilun verkkokuivauslinjan lajittelun parantaminen

Puutekniikan opinnäytetyö, 75 sivua

Kevät 2007

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää teollisen koesuunnittelun avulla uusien paremmaksi havaittujen konenäköparametrien vaikutus viilujen verkkokuivauslinjan lajittelun oikeellisuuteen. Samalla kartoitettiin verkkokuivauslinjan lajittelun ongelmakohtia, jotka vaikuttavat viilun laatuun sekä tuotannon kulkuun.

Viilun verkkokuivauslinjalla viilu lajitellaan heti viilumaton tultua ulos kuivaajasta. Konenäkö laaduttaa viilun ohjelmaan annettujen parametrien avulla. Konenäköjärjestelmä sisältää kaksi mustavalkokameraa, ja käyttöjärjestelmä on Dos-pohjainen. Konenäkölajittelun oikeellisuus tutkittiin ottamalla koekuormia joka laadusta sekä päivätestien avulla. Päivätesteissä ajettiin noin 200 viilua, joista leveät viilulaadut menivät yhteen kuormaan ja kantikkaat laadut yhteen kuormaan.

Leikkaus-lajittelupisteen ongelmakohdat ovat ns. mekaanisia ongelmia, jotka ilmetessään hidastavat tuotantoa, vääristävät konenäkölajittelun oikeellisuutta sekä aiheuttavat raaka-ainetappiota. Näiden ongelmakohtien kartoitus tehtiin seuranta-tutkimusmenetelmällä sekä kyselylomakkeella.

Tutkimuksen perusteella verkkokuivauslinjan lajittelun oikeellisuus on parantunut selvästi, mutta ei vielä halutulle tasolle. Uusien ja tarkempien kokeiden avulla voidaan kuitenkin saavuttaa vielä parempi taso. Myös testaus- ja seurantamenetelmät ovat kehittyneet ja se osaltaan helpottaa jatkotoimenpiteitä.

Asiasanat: viilun laatu, viilun konenäkölajittelu, koesuunnittelu

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

FORSBLOM,VILI: Improving the Sorting Stage of a Continuous Veneer Drying Line

Bachelor's thesis in wood technology, 75 pages,

Spring 2007

ABSTRACT

The objective of the study was to improve the correctness of the sorting stage of a continuous veneer drying line. The work was commissioned by UPM-Kymmene Wood Oy.

After drying the veneer ribbon comes directly to the sorting and cutting station. Sorting is based on the grade and size. The sorting is done by a machine vision system and hygrometer. Based on the information received from them, the veneer cutter cuts the sheets.

A project group was formed to arrange tests for the machine vision system. The aim of the project group was to explore which parameters have the biggest influence on the correctness of machine vision sorting. The study also included surveying of mechanical problems that appeared in the sorting and cutting stage. Those mechanical problems caused problem situations that not only slowed down production but also influenced the correctness of machine vision sorting.

The work started by examining test stacks that had been sorted by the machine vision system. Veneers of every grade were sorted again by hand. After that, more comprehensive daily tests were performed for a month. During the daily tests, all the surface veneers were palletized to the same stack and all the middle veneers to the same stack (200 sheets all together). The grades that the machine vision system had given were marked on the veneer by colours.

The project group performed test drives for the machine vision system. The testing was based on the Taguchi method. There were 12 drives, with different sets of parameters. Between the drives, selected parameters were changed. All the drives were repeated three times. The test drives were done with a veneer ribbon that had self-made faults (holes, knots, cracks). The exact dimensions of the faults were measured before the test was started. After analyzing the results of the test drives, the parameters on the machine vision were changed and the new parameters were programmed to the computer.

The latest daily tests indicate a clear improvement in the machine vision sorting, but it is not on an acceptable level yet. Further research will be done.

Keywords: grade of veneer, machine vision sorting, design of experiment

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	KUIVAUSTA EDELTÄVÄT TYÖVAIHEET	2
	2.1 Kuivausta edeltävät työvaiheet ja niiden vaikutus laatuun	2
3	VIILUN LAJITTELU KOIVUVANERITEHTAASSA	6
	3.1 Leikkaus- ja lajitteluprosessi	6
	3.2 Viilun lajittelun syyt	8
	3.3 Konenäkölajittelussa havaittavat viilun viat	11
	3.4 Viilunlajittelulinja	11
	3.5 Kamera-logiikka toimintakaavio	13
	3.6 Viilulaadut ja tilauskanta	15
4	VERKKOKUIVAUSLINJAN LAJITTELUN ONGELMAT	17
	4.1 Mekaaniset ongelmat	17
	4.2 Ongelmien kartoitus	19
	4.3 Konenäkölajittelun oikeellisuus	20
5	TEOLLISEN KOESUUNNITTELUN PERUSTEITA	22
	5.1 Teollinen koesuunnittelu ja sen erityispiirteet	22
	5.2 Taguchi-menetelmä	23
	5.2.1 Parametrisuunnittelu	24
	5.2.2 Parametrit	25
	5.2.3 Ortogonaalimatriisi	26
6	LAJITTELUTUTKIMUS	28
	6.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet	28
	6.2 Tutkimuksen aloitus	28
	6.3 Lähtötilanteen kartoittaminen	29
	6.4 Pakotettu alkuleikkaus	32
	6.5 Pakotetun alkuleikkauksen vaikutus	33
	6.5.1 Lajittelun oikeellisuus laaduttain	34
	6.5.2 Laatu alentaneet viat	40
	6.6 Koesuunnitelma	48

6.7	Valitut muuttujat	49
6.7.1	Oksat	49
6.7.2	Halkeamat	50
6.8	Kokeessa käytetty viilumatto	51
6.9	Vikojen tekeminen	52
6.10	Kokeen suorittaminen	53
6.11	Viilumaton pituusmitan kalibrointi	55
6.12	Vastepintakoe	55
6.13	Uusien parametrien käyttöönotto	59
7	TULOKSET	60
7.1	Kantikkaat viilulaadut	60
7.2	Leveät lajiteltavat viilut	63
8	KUSTANNUSLASKELMAT	66
8.1	Verkkokuivauslinjan lajittelun taloudellisuus	66
8.2	Mekaanisten ongelmien vaikutus	66
8.3	Konenäön oikeellisuuden vaikutus	67
9	TULOSTEN ANALYSOINTI JA KORJausehdotukset	68
9.1	Mekaaniset ongelmat	68
9.2	Konenäön oikeellisuus	68
9.2.1	Lajittelun oikeellisuuden kehitys kantikkaissa -laaduissa	69
9.2.2	Lajittelun oikeellisuuden kehitys leveissä lajiteltavissa -laaduissa	70
9.3	Jatko-ohjelma	71
10	YHTEENVETO	73
	LÄHTEET	75

1 JOHDANTO

Vanerituotteiden historia maailmassa on erittäin vanha. Suomessakin on vanerin valmistuksella pitkät perinteet ja sen katsotaan varsinaisesti alkaneen 14.7.1912. Oleellinen osa vanerin valmistusta on viilujen lajittelu. Perinteisesti lajittelu on tehty käsin, mutta nykyään on siirrytty tehokkaaseen konelajitteluun. Syynä automatisointiin oli kuivauslinjojen suuri nopeus, joka pakotti siirtymään konenäkölajitteluun sekä leikkauksen valokenno-ohjaukseen.

Viilun leikkaus- ja lajitteluprosessissa verkkokuivaajasta tuleva viilumatto katkotaan viiluarkeiksi ja samalla konenäkö laaduttaa viilun. Viiluarkit voivat olla joko kantikkaita tai leveitä. Kantikkaat viilut jaetaan pintaviiluihin ja keskimmäisviiluihin. Konenäkö arvioi viilun laadun parametrien avulla, jotka ohjelmaan on asetettu.

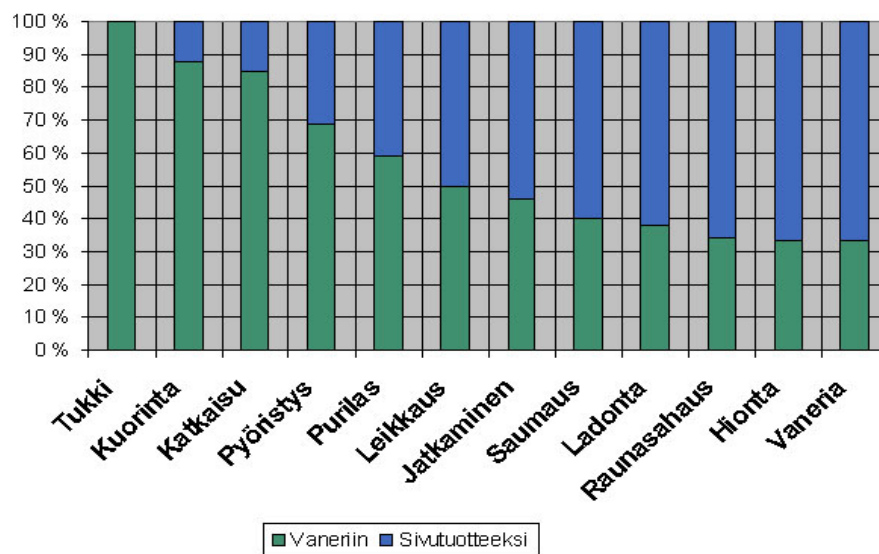
Suomessa valmistetaan koivu-, havu- ja sekavaneria. UPM Heinolan vaneritehdas on keskittynyt koivuvanerin valmistukseen ja tuottaa vuodessa noin 50 000 m³ koivuvaneria. Koivuvaneri on lujinta ja kalleinta vaneria. Tyypillinen koivuvaneritehdas sorvaa viilua noin 3500 - 4000 m³ kuukaudessa. Pintaviilujen osuus on yleensä $\frac{1}{3}$ ja keskimmäisviilujen osuus noin $\frac{2}{3}$. Sopiva laatu vanerille valitaan käyttökohteen vaatimusten ja pintaviilujen ulkonäön perusteella.

Puun saatavuus on rajallista, ja se on merkittävin kustannuserä. Raaka-aineen saantoon onkin kiinnitetty erityistä huomiota sekä teknologisilla että ammattitaitoa parantavilla toimenpiteillä. Koivuvanerin saanto on tukkimäärästä noin 32 %, jolloin 3,1 kuutiometristä saadaan yksi kuutiometri vaneria. Pintaviilun ulkonäkö määrittää vanerin laadun. Pintaviiluja saadaan melko harvakseltaan. Viilunlajittelun oikeellisuuden, toisin sanoen konenäön tarkkuuden, tulisi olla parempi, jotta rajallisesta raaka-ainemäärästä saataisiin mahdollisimman tarkoin talteen paras viilulaatu.

2 KUIVAUSTA EDELTÄVÄT TYÖVAIHEET

2.1 Kuivausta edeltävät työvaiheet ja niiden vaikutus laatuun

Leikkausta ja lajittelua edeltävillä työvaiheilla on suuri merkitys viilun lopulliseen laatuun ja viilun saantoon. UPM-Kymmene Wood Oy:n laatukäsikirjassa raaka-aineen jakautuminen tuotannossa on esitetty kuvion 1 mukaisesti.



KUVIO 1. Raaka-aineen jakautuminen tuotannossa. Lisäksi kuivauskutistuma aiheuttaa raaka-aine hävikkiä. (UPM-Kymmene Wood Oy:n laatukäsikirja)

UPM-Kymmene Wood Oy:n laatukäsikirjan mukaan sorvauksen vaatimukset ovat seuraavat:

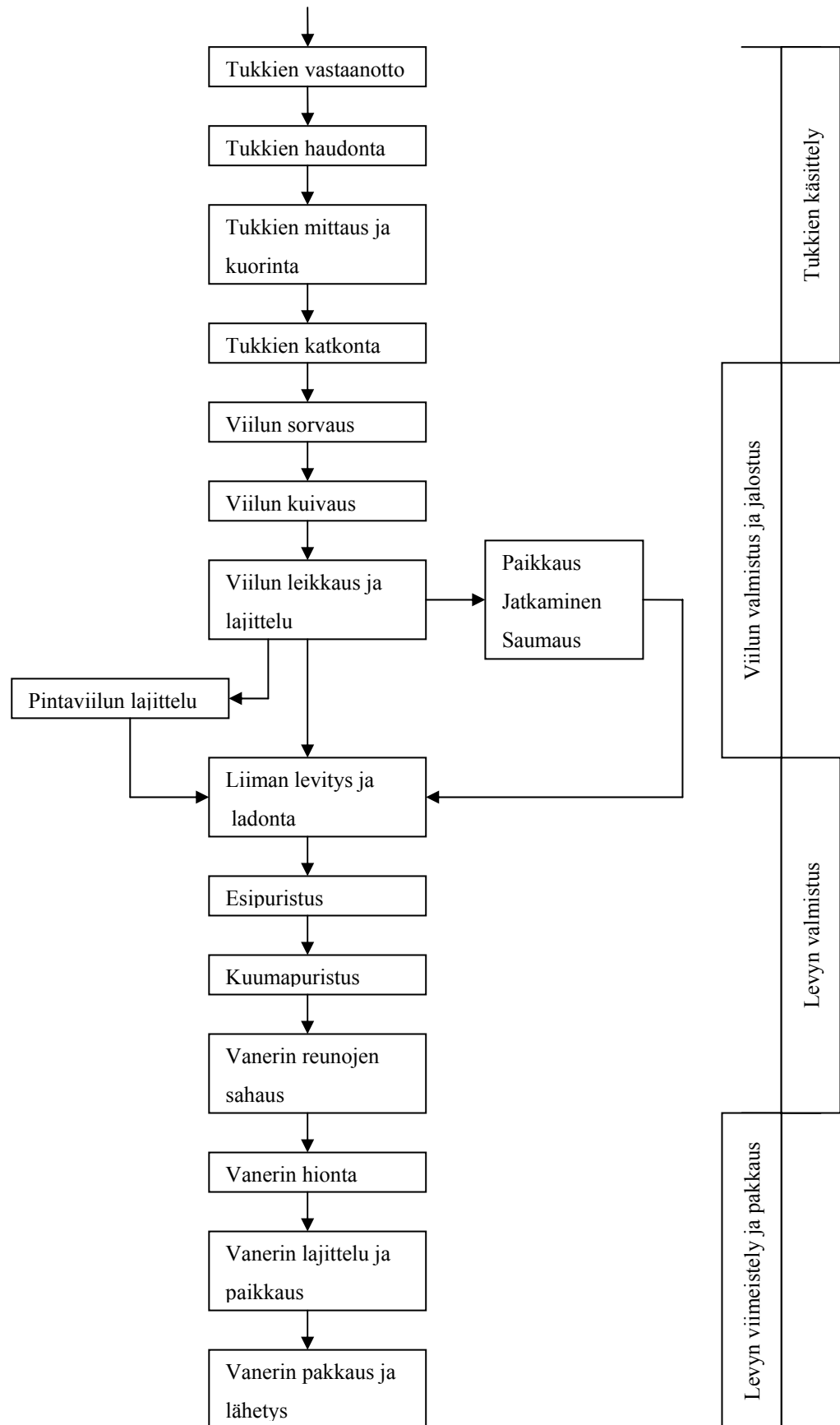
- Viilun on oltava tavoitepaksuista valmistettavan vanerin rakenteita ja paksuuksia varten, ottaen huomioon kuivauskuistumat, kokoonpuristumat ja hiomavarat. Viilujen nimellispaksuudet tehdaskohtaisesti riippuvat tehtaiden konekannasta ja tuotevalikoimasta.
- Viilun tulee olla tasapaksuista, sileätä ja tiivistä ollakseen hyvä levitysalusta liimalle ja antaakseen vanerille riittävän lujuuden ja kestääkseen rikkoutumatta koneellista käsittelyä, etenkin ladontalinjalla ennen puristusta. Lisäksi rakenteeltaan harva viilu imee liimaa enemmän kuin tiivis viilu.
- Viilun on oltava tasomaista ja lähes jännityksetöntä. Viilu ei saa olla lyhyt- tai pitkäpäistä, mutta sorvattaessa pyritään mieluummin hieman pitkäpäiseen kuin lyhytpäiseen viiluun. Reunavääryyttä ei sallita. Viilun tulee kestää tasoksi oikaisu ja puristaminen halkeilematta tai laskostumatta. Sen tulee kestää käsittelyä, eikä se saa antaa ylimääräisiä jännityksiä vanerilevyihin.
- Sorvatun viilun tulee olla ehyttä ja mahdollisimman pitkä, jolloin viilusaanto saadaan mahdollisimman suureksi.

Viilun kuivauksessa saattaa ilmetä ongelmia, jotka vaikuttavat viilun laatuun sekä konenäkölajittelun oikeellisuuteen. Esimerkiksi liian harvasta sorvauksesta tai viilun liian kuivaksi kuivaamisesta johtuva kopperainen viilu voi häiritä konenäön toimintaa.

TAULUKKO 1. Viilun kuivauksessa esiintyvät ongelmat ja niiden poistaminen.
(Koponen 2002, 53)

Halkeillut viilu	Päistä halkeillut viilu syntyy viilun päiden nopeammasta kuivumisesta keskiosaan nähden. Tätä voidaan korjata sorvausasetteella. Jos viilu on kauttaaltaan halkeillutta, saattaa syynä olla kuivauskoneen liian suuri nopeus tai kuivausilman liian alhainen suhteellinen kosteus, jolloin poistoilman määrää on pienennettävä.
Kupruinen viilu	Aiheutuu etupäässä liian harvasta sorvauksesta tai viilun kuivauksesta liian kuivaksi. Tällöin lisätään koneen nopeutta tai kiertoilman suhteellista kosteutta pienentämällä poistoilman määrää.
Viilu aaltoilee	Aaltoilu aiheutuu puun tiheyseroista esimerkiksi kevät- ja kesäpuun välillä tai viilun eri osien kosteuseroista.
Viilu väri muutokset	Viilun runsas tummuminen tai väriasiat johtuvat liian korkeasta lämpötilasta tai liian pitkästä kuivausajasta.

Ennen viilun leikkaus- ja lajitteluprosessia on monia työvaiheita, joissa on viilun saannon kannalta tärkeää, että työntekijä tietää, kuinka raaka-ainetta on käsiteltävä. Kuviossa 2 on esitetty vanerin valmistus kaaviona.



KUVIO 2. Vanerin valmistus kaaviona

3 VIILUN LAJITTELU KOIVUVANERITEHTAASSA

3.1 Leikkaus- ja lajitteluprosessi

Viilun leikkaus ja lajittelu käsitellään tässä työssä kokonaisuutena, koska yleises-tikin ne tapahtuvat yhtenä prosessina. Käytettäessä verkkokuivauskonetta viilu lajitellaan ja leikataan välittömästi kuivauksen jälkeen. Viilut lajitellaan viilun laadun ja koon perusteella. Leikkaus tapahtuu pituussuunnassa pystysuorassa suunnassa leikkaavalla terällä. Viiluarkki määritetään konenäkölaitteen, kosteusmittarin ja viilunleikkaajan toimesta. Viilun leikkaamisella on suuri merkitys hyvän viilun saannille. Leikkauksessa raaka-ainehukka on noin 9 %. (Koponen 2002, 56; UPM-Kymmene Wood Oy:n laatukäsikirja.)

Vaikka leikkaus- ja lajitteluprosessia on voitu nopeuttaa automatisoinnin ja ko-nenäön avulla, on leikkaajan ammattitaidolla suuri merkitys viilujen laadullisen saannon ja puunkäytön hyötysuhteen kannalta (KUVIO 3). Koposen (2002, 58) mukaan ammattitaitoisen leikkaajan tulisi hallita

- viilun valmistus sorvauksesta lajitteluun
- viilujen laatuluokat sekä asiakkaiden lajitteluohjeet
- viiluissa esiintyvät viat ja vikaryhmät
- viilun saantoon leikkauksessa vaikuttavat tekijät
- viilun leikkurin ja lajittelulaitoksen rakenne, toimintatapa ja käynnis-säpito.

Viilumaton leikkaamisen ja laadun määrittämisen jälkeen kappaleet erotellaan ehjiin viiluarkkeihin, saumauskappaleisiin ja poistettavaan leikkausjätteeseen. Yleensä leikkausjäte menee hakkuriin lastutettavaksi ja sitä käytetään lähinnä selluloosan raaka-aineena. Jokaiselle viilulaadulle on määritetty oma kuormauspaikka (KUVIO 4). Kuormauspaikalle viilu siirretään imuhihnakuljettimella ja pudotetaan kuormalavan tai -alustan päälle. (Koponen 2002, 56.)

Parhaimmat pintaviilulaadut lajitellaan käsin (KUVIO 5). Käsinlajittelussa lajitte-
lijän on erityisen tarkasti tunnettava vanerin pintaviilun laatuun perustuvat määrä-
ykset sekä asiakkaiden asettamat laatuvaatimukset. Lajittelijalla on oltava myös
tietoa ja kokemusta vaneriviiluissa esiintyvistä vioista. (Koponen 2002, 58.)



KUVIO 3. Lajittelijan toimipiste



KUVIO 4. Viilujen kuormauspaikat



KUVIO 5. Pintaviilujen käsinlajittelu

3.2 Viilun lajittelun syyt

Viilunlajittelun idea on erotella eri tarkoitukseen menevät viilut. Koivuviilut lajitellaan parempiin pintaviiluihin, keskimmäisiin viiluihin, paikattaviin pintaviiluihin, saumattaviin viiluihin, saumattaviin pintaviiluihin sekä leikattaviin viiluihin. Koponen (2002, 19 - 20) esittää laatuluokkien yleiset vaatimukset viilulle, ja ne on esitetty taulukossa 2. Koponen (2002, 57) esittää viilujen jakautumisen laatuluokkiin taulukon 3 mukaisesti. Vanerin laatuluokka määräytyy suurelta osin levyn pinnan ulkonäön perusteella.

TAULUKKO 2. Laatuluokkien ominaisuudet ja käyttökohteet (Koponen 2002, 19 - 20)

A	Lähes virheetön erikoislaatu, jota on rajallisesti saatavilla. Helmioksia, lievää epäsäännöllistä syynmuodostusta ja muutamia satunnaisia värijuovia sallitaan.
B	Soveltuu lakattuihin tai sävytettäviin pintoihin. Laadussa sallitaan läpimitaltaan korkeintaan 6 mm:n oksia ja hiushalkeamia. Lisäksi sallitaan laatua A enemmän värivikoja.
S	Soveltuu korkealuokkaiseen maalaukseen tai ohuiden pinnoitteiden alustaksi. Tässä luokassa sallitaan terveitä 20 mm:n läpimittaisia oksia sekä korjattuja reikiä. Vanerissa saa olla paikkoja. Muita vikoja sallitaan enemmän kuin laatuluokassa B.
BB	Vanerituotteiden yleislaatu, joka soveltuu rakenteisiin tai rakenneosiksi sekä maalaukseen ja pinnoitteiden alustaksi. Laadussa sallitaan vikoja, jotka eivät tee mahdottomaksi levyn pinnan tasoisuuden korjaamista paikkaamalla tai kittaamalla.
WG	Soveltuu vanerituotteiden takapinnaksi, rakenneosiin ja pakkaukseen, jolloin laadulta vaaditaan melkein yksinomaan liimauksen kestävyyttä.

TAULUKKO 3. Koivuviilujen jakautuminen laatuluokkiin (Koponen 2002, 57)

LAATU	%
A+B	1
S	2
BB	23
WG	11
Väliviilu	63

Taulukossa 4 on esitetty viilun eri vikatyypit ja niiden kuvaukset. Taulukko on UPM-Kymmene Wood Oy:n laatumääritelmistä.

TAULUKKO 4. Viilun vikaryhmät ja niiden kuvaus (UPM-Kymmene Wood Oy:n laatukäsikirja)

VIKARYHMÄ	KUVAUS
HELMIOKSA	Helmimäinen, "hohtava" syynmuodostus, voi olla myös oksamainen. Tumman keskustan max halkaisija 2 mm.
TERVE OKSA	Oksa, jossa ei ole lahovikaa tai halkeamia
LAHO-OKSA	Oksa, jonka poikkileikkauksen pinta-alasta on enemmän kuin kolmannes lahoa.
MUU OKSA JA REIKÄ	Irronnut tai irtoamaisillaan oleva oksa; muu esim. keksinreikä
HIUSHALKEAMA	Viilun läpi ulottuva syiden suuntainen halkeama, jonka reunat ovat kiinni toisissaan.
AVOHALKEAMA	Viilun läpi ulottuva syiden suuntainen halkeama, jonka reunat ovat selvästi erillään toisistaan.
KARHEUS JA RIKKOSYISYYS	Viilun pinnassa oleva epätasaisuus, joka aiheutuu kuitujen repeämisestä viilun pinnasta. = sorvikarkeus
EPÄSÄÄNNÖLLINEN SYYNMUODOSTUS	Puun kasvusuuntaan nähden säännöttömiä kiemuroita ja kierteinä esiintyvä syykuviointi.
VÄRIVIKA	Kemikaalien tai kemiallisten reaktioiden, homeen, sinistymän, kiinteän lahon tms. aiheuttama viilun paikallinen värin muutos.
VÄRIJUOVA	Tavallisesti ruskea suora juovamainen paikallinen värivika.
KIINTEÄ LAHO	Lahottajasienien aiheuttama puunsolujen lievä kemiallinen muutos, joka ilmenee värivikana ja puun kovuuden vähenemisenä.
JURMU (=PALKO)	Sorvin terässä olevan loven tai vastaterän ja pöllin välissä olevan roskan aiheuttama viilun poikkisuuntaan jatkuva viilun pinnasta kohoava juova.
KUORI	Puun kuori tai jälsi
VAJAA PAKSUUS	Epätäydellisen pyörityksen vuoksi pöllin pintakerroksesta vuoleentuu muuta viilua ohuempi kohta.
PIHKAKOLO	Selvästi erottuva linssin muotoinen pihkaa sisältävä ontelo
TOUKAN REIKÄ	Hyönteisten tai niiden toukkien puuhun tekemät reiät ja käytävät.
VESIJUOVA	Sorvin terässä olevan loven aiheuttama viilun leveyssuunnassa jatkuva viilun perusväristä poikkeava värijuova.
VESILÄIKKÄ	Kuivaajasta tippuneen veden aiheuttama harmaa vesiläikkä.
TASKU	Viilussa esiintyvä lähes tangentin suuntainen ruskea juova, joka menee vinottain viilun läpi. Hionnassa juova suurenee laikuksi. Havussa vastaava on pihkakolo.
PEILI	Syyn muodostus, joka heijastuu peilimäisesti (voi olla kupera tai kovera).
SUONIKKUUS	Säännöttömiä juovia, joiden tummuusaste vaihtelee.
MOTON JÄLKI	Monitoimikoneen kouran rullaston piikkien aiheuttamat jäljet, jotka viilussa näkyvät pyöreiden, ruskeiden laikkujen muodostamana rivinä. Jäljet eivät lähde hionnassa pois.

3.3 Konenäkölajittelussa havaittavat viilun viat

Konenäkö ei havaitse kaikkia vikoja, joita viilussa voi ilmetä. On myös joitakin vikoja, joiden kohdalla ei ole täyttä varmuutta, kuinka konenäkö ne tulkitsee. Esimerkiksi jurmu (= palko) ja rikkosyisyys ovat sellaisia vikoja, joita konenäkö ei havaitse. Ne kuitenkin osaltaan alentavat viilun laatua, ja ne pyritään pintaviilujen osalta karsimaan pois käsinlajittelussa. ”U:n muotoiset” oksareivät (KUVIO 6) ovat myös hankalia konenäön kannalta. Varmuudella ei tiedetä, kuinka konenäkö mittaa niiden suuruuden. Myös rikkopäisyys on ongelmallinen, sillä konenäkö voi tulkita sen joko reikänä tai halkeamana.

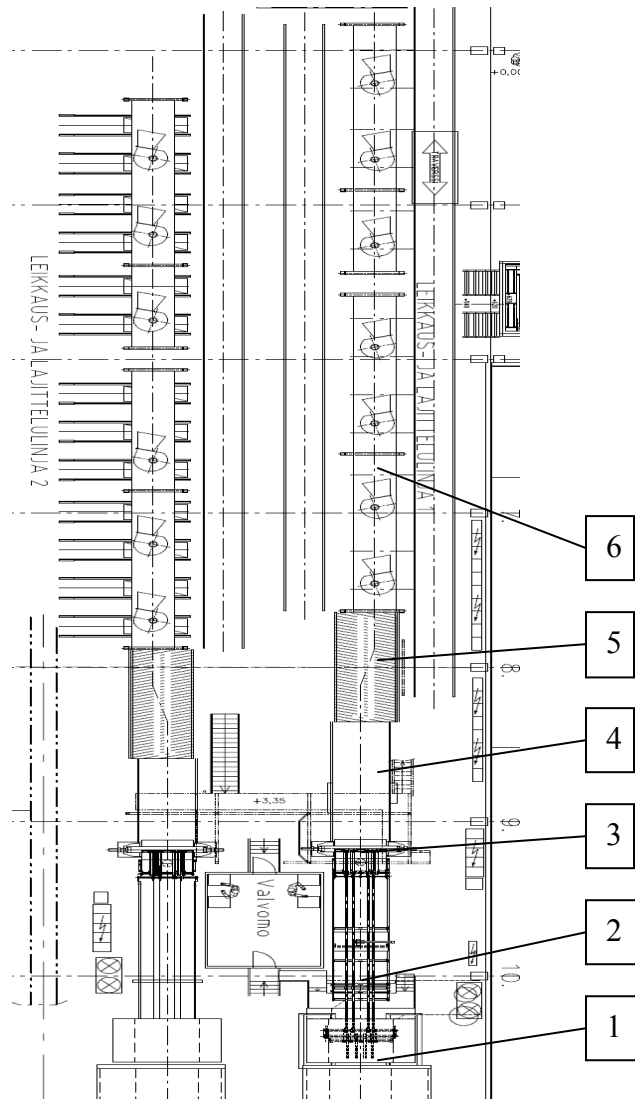


KUVIO 6. ”U:n” muotoinen oksan reikä

3.4 Viilunlajittelulinja

UPM:n Heinolan-vaneritehtaalla on kaksi Raute Oyj:n viilun valmistuslinjaa. Toisella linjalla ajetaan pääasiassa viilua pituudeltaan 1590 mm (60”). Tutkinnan kohteena olevalla linjalla ajetaan viilua, jonka pituus on 1300 mm (50”). Tarkemman kuvan linjasta saa viilun leikkaus- ja lajittelulinjan layoutkuvasta (KUVIO 7).

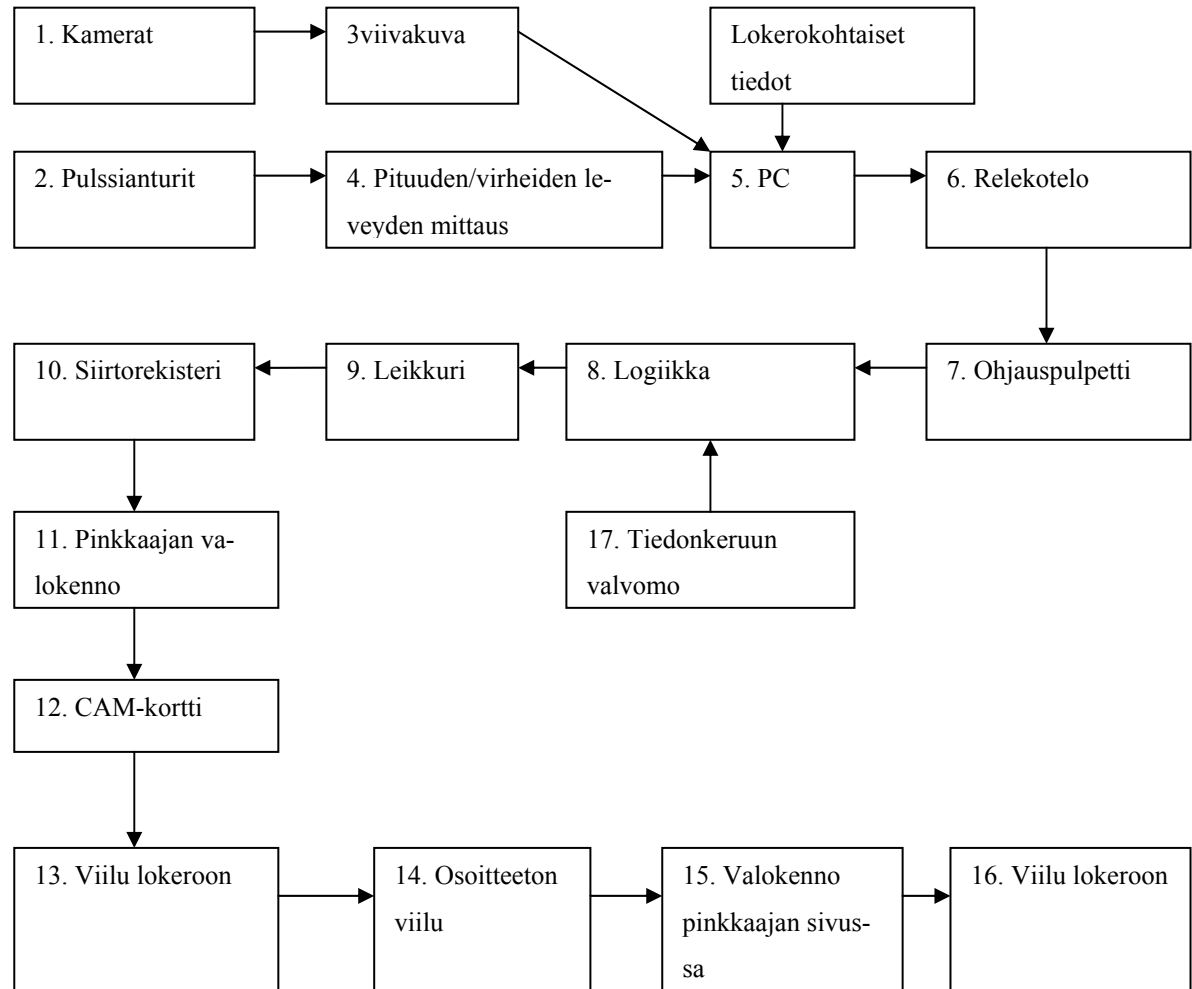
1. Kuivaajan loppuosa
2. Kamerat
3. Leikkuri
4. Viilun ohjaus kuormauspaikoille sekä roskahihnat
5. Sivuttaissiirtorullasto
6. Pinkkarit



KUVIO 7. Leikkaus- ja lajittelulinjan layout

3.5 Kamera-logiikka toimintakaavio

Kuviossa 8 on selvennetty leikkaus- ja lajittelulinjan kamera-logiikka toiminta.



KUVIO 8. Leikkaus-lajittelulinjan kamera-logiikka toiminta

1. & 3. Kuvaavat viilun juovina/viivoina. ”Läpivalaisukuvaus” ja ”varjokuvaus” tapahtuu valojen avulla.

2. & 4. Pulssianturit, jotka mittaavat viilun.

5. Tieto kameroilta ja pulssianturilta (kamerakaapinkautta) siirtyy PC:lle, johon syötetään lokero- ja laadutustiedot.

6. PC:ltä tulee tieto relekotelolle, jossa on jokaista lokeroa ja leikkausta varten oma releensä joka aktivoidaan hetkeksi.
7. Ohjauspulpetissa voidaan suorittaa viilun laadutus ja leikkaus käsiajolla tai automaattilla.
8. Logiikka saa tiedot pulpetista releiden välityksellä ja ilmoittaa merkkivalolla valitun lokeron, jonka tieto on syötetty tiedonkeruun PC:n avulla logiikkaan. Jos ei tule uutta tietoa, niin edellinen jää voimaan.
9. Leikkuri leikkaa lokeroon asetetun leveyden mukaisesti arkin.
10. Jos arkki on oikean levyinen, siirretään sen osoite siirtorekisteriin (1-12).
11. Pinkkaajan imuhihnakuljettimen alussa siirtorekisterissä oleva tieto siirretään pinkkaajan siirtorekisteriin (CAM-kortti).
12. CAM-kortti antaa askellusmatkan. Askellusmatka kuhunkin lokeroon on logiikan muistissa.
13. Pinkkaajan valokennolla tarkistetaan onko viiluarkin leveys yli vai alle 2 m (logiikan (CMP-käsky), ja viilu ohjataan oikeaan lokeroon (13). Yli 2 m leveät viilut pinkataan pinkkaajan takaosaan.
14. Osoitteeton viilu pinkataan leikattavaan kuormaan. Osoitteettomalla tarkoitetaan vajaata tai siirtorekisterissä kadonnutta arkkiä.
15. Pinkkaajan sivun valokennolla tarkistetaan vielä osoitteettoman ja leikattavan viilun pituus oikean lokeron saamiseksi.
16. 1600 mm pituiset menevät lokeroon 1, 1300 mm pituiset menevät lokeroon 2 ja yli 2 m leveät pinkkaajan takaosaan.
17. On tiedonkeruun valvomo PC, josta syötetään leikkausmitat logiikalla. Leikkausmitan asettelu on ”kehä” tyyppinen, jossa seuraava mitta lisätään edelliseen katkaisumittaan. Kehän pituus on 2 000 000, jos seuraavan mitan katkaisupaikka on yli 2 000 000, vähennetään mitasta 2 000 000.

3.6 Viilulaadut ja tilauskanta

Pintaviilujen määrä vaikuttaa varsin merkittävästi koivuvanereiden valmistuksen kannattavuuteen. Näiden viilujen käsittelyssä onkin noudatettava varovaisuutta. Vanerin valmistuksessa on tärkeää pitää yllä viilubalanssia. Vaneritehtaan tuotannonohjaus on erittäin vaativaa, ja tuotannonohjaus lähtee jo katkonnasta. Tiedossa on oltava tilauskanta, jonka mukaan katkotaan vaadittavan mittaisia tukkeja 50” tai 60”. Vaneritehtaiden läpivirtaus on yleensä huono, ja tämä johtaa väistämättä suuriin varastoihin (KUVIO 9). Koponen (2002, 63) esittää koivuviilujen suhteellisen hinnan taulukon 5 mukaisesti. Arvoanalyysin pohjaksi on otettu koivun huonompi väliviilu, jolle on annettu arvo 1. Kaikki vanerit tehdään tilauksena. Lajitteluvirhe tietää aina lisäkustannuksia seuraavissa työvaiheissa tai kalliimpaa lopputuotetta, joten lajittelun oikeellisuudella ja onnistumisella on hyvin suuri merkitys. (Koponen 2002, 63.)

TAULUKKO 5. Koivuviilujen arvoanalyysi (Koponen 2002, 63)

Laatu	Koivu
A (E)	8.0
B (I)	5.4
S (II)	2.9
BB (III)	2.5
WG (IV)	2.2
Liimaviilu	2.1
Huonompi väliviilu	1.0



KUVIO 9. Viilun välivarasto

4 VERKKOKUIVAUSLINJAN LAJITTELUN ONGELMAT

4.1 Mekaaniset ongelmat

Seuraavassa on eritelty mekaanisia ongelmia, joita ilmenee verkkokuivauslinjan lajittelupisteellä. Häiriöt on kartoitettu kysely- ja seurantalomakkeen avulla, jonka tein lajittelupisteen työntekijöille. Lomakkeeseen merkittiin tapahtunut häiriötilanne, häiriön todennäköinen aiheuttaja, häiriön kesto sekä arvion häiriön haitallisuudesta tuotantoon asteikolla 1-5, jossa numero yksi vastasi vähäistä vaikutusta ja numero viisi suurta vaikutusta tuotantoon. Kartoitin mekaanisia häiriötekijöitä myös seuraamalla itse linjaa ja vertaamalla havainnoimiani häiriötä verkkokuivauslinja II:lta saatuihin tuloksiin. Taulukossa 6 on listattu yleisimmät häiriöt.

TAULUKKO 6. Yleisimmät häiriöt leikkaus-lajittelulinjalla

	HÄIRIÖ	HÄIRIÖN (yleinen) AIHEUTTAJA	KESTO/KERTA
1	Ruuhka terän jälkeen	Viilunkaikale tulee poikittain kuivauksesta ja irrottaa hihnan / viilu valosilmän alla	3-4 min
2	Ruuhka pleksillä	Viilu kääntynyt hihnan alle	2-3 min
3	Remmi poikki mäestä	-	3-4 min
4	Pitkät hihnat ennen terää (pöydällä olevat) pois päältä	Viilunkaikale tulee poikittain kuivauksesta ja irrottaa hihnan / viilu valosilmän alla	3-4 min

Taulukossa olevat häiriötilanteet ovat sellaisia, jotka tapahtuvat päivittäin tai useita kertoja päivässä. Usein syynä kaikkiin häiriötilanteisiin on joko kopperainen viilu, mytyssä oleva viilumatto tai viilunkaikale. Nämä saattavat jäädä kiinni hihnojen väliin, rakoihin tai kohtiin, jotka ovat kohollaan. Näin käydessä viilumatto alkaa kasaantua tai hihnat irtoavat paikoiltaan. Toistuvina tapahtumina tämä hidastaa tuotantoa huomattavasti, koska linja joudutaan joka kerta pysäyttämään, kun häiriö korjataan. Viilun kasaantuminen (ruuhkatilanne) vääristää myös konenäkölajittelua. Leikkaajan (KUVIO 10) jälkeen viilut ohjataan kuormauspaikoille ja roskat ohjataan ylös roskakuljettimen kautta hakkurille (KUVIO 11).



KUVIO 10. Viiluleikkuri



KUVIO 11. Leikkurin jälkeen roskat ohjautuvat ylös ja viilut kuormauspaikoille

Muita leikkaus-lajittelulinjalla tapahtuvia häiriötilanteita ovat ruuhkan kasaantuminen roskakuljettimelle, viilun jumiintuminen sivusiirtorullastolla (KUVIO 12) sekä kuorma-aisojen jumittuminen. Myös yksittäisiä muita häiriötilanteita on, mutta niitä tapahtuu harvoin, joten niiden vaikutus tuotantoon on vain vähäinen.



KUVIO 12. Sivusiirtorullasto

4.2 Ongelmien kartoitus

Lajittelu- ja leikkauslinjalla tapahtuvat häiriötilanteet eivät suoranaisesti vaikuta viilun laatuun tai lajittelun oikeellisuuteen. Ne kuitenkin osaltaan merkittävästi haittaavat tuotantoa aiheuttamalla turhia katkoksia sekä ylimääräistä työtä työntekijöille. Alkutilanteen kartoituksessa käytin hyväkseni tietoja, joita keräsin ollessani ohjatussa harjoittelussa UPM:n Heinolan-vaneritehtaalla syksyllä 2006. Tuolloin seurasin verkkokuivauslinja II:n leikkaus- ja lajittelupistettä. Tutkiessani verkkokuivauslinja I:n lajittelu- ja leikkauspistettä opinnäytetyöni aikana havaitsin, että ongelmakohdat ovat samoja. Tämä oli odotettavaa, sillä linjat ovat identtisiä keskenään.

4.3 Konenäkölajittelun oikeellisuus

Konenäkö on leikkaus-lajitteluprosessin tärkein tekijä. Konenäkö laaduttaa viilut parametrien avulla. Parametreja ovat mm.

1. Lajitteluparametrit
 - vikojen koot/määrät

2. Systeemiparametrit
 - kuvankäsittely
 - pituusmittaus (pulssianturi)
 - pyyhkyt
 - valotusaika
 - S-kerroin
 - kameroiden välinen matka
 - kameran ja leikkurin välinen matka

3. Kamera 1 & 2 parametrit
 - oksien valokynnys
 - W-tekijä
 - pienin sallittu tummin tummuus

4. Laadutusparametrit
 - pituus 1 & 2 reunamarginaali
 - alkuleikkauksen määrittäminen
 - katkenneen maton palojen max. välimatka
 - katkenneen maton palojen max. valotaso

Konenäön oikeellisuuteen oikeiden parametrien lisäksi voi vaikuttaa

- kopperainen viilu
- kameran fokusoinnin luotettavuus
- valon ”säteily” laajalle alueelle, riittävä / yhtenäinen intensiteetti
- oikea valotaso
- valon kovuus
- ruuhkatilanne pleksillä
- likaiset loisteputkien suojapleksit
- linjan ajonopeus
- oikea viilumaton pituusmittaus

5 TEOLLISEN KOESUUNNITTELUN PERUSTEITA

5.1 Teollinen koesuunnittelu ja sen erityispiirteet

Koska muuttuvia parametreja on niin paljon, niin kokeessa käytettiin apuna kokeellista suunnittelua.

Teollinen koesuunnittelu (Design of Experiments) perustuu maataloudessa ja lääketieteessä suoritettuun kehitystyöhön. Sen aloitti R. A. Fisher 1920-luvulla. 70 vuotta myöhemmin eri aloilla ja alueilla tehtävät kokeet ja kokeiden tavoitteet, rakenteet ja painotukset ovat eriytyneet. Teollisuuskokeissa korostuu asiakkaiden tyytyväisyys, taloudellisuus ja ennen kaikkea vaihtelun hallinta. (Karjalainen 1992, 9.)

Karjalainen (1992, 9) esittää teollisen kokeen erityispiirteet seuraavasti:

1. Teollisessa kokeessa on pystyttävä erottelemaan vaikuttavat tekijät ei-vaikuttavista tekijöistä.
2. Teollisessa kokeessa on käsiteltävä suurta määrää tekijöitä ja suurta määrää vasteita samanaikaisesti. Päätehtävä on saada aikaan haluttu funktio. Toissijaisena tavoitteena on keksiä, miksi asiat tapahtuvat niin kuin ne tapahtuvat. Asioiden yksinkertaistaminen ei ole mahdollista
3. Kokeen analyysien on oltava sopivia:
 - Tulosten on oltava ymmärrettäviä.
 - Tulosten on oltava sellaisia, että ne voidaan kertoa organisaatiossa ja organisaatioille.
 - Analyysi ei saa viedä liian paljon aikaa, eikä se saa vaatia liian paljon kokemusta tai tietämystä tilastomatematiikasta.
 - Analyysien pitää pystyä poimimaan tuloksista oleellinen tieto.

Teollisessa koesuunnittelussa haluttu lopputulos vaikuttaa myös itse kokeen suunnitteluun, suorittamiseen ja analysointiin. Jos tavoitteena on esimerkiksi pienentää materiaalihukkaa, tutkitaan vain niitä asioita, joiden oletetaan siihen vaikuttavan, eikä tutkita niitä tekijöitä, jotka lisäävät prosessin tehokkuutta. (Karjalainen 1992, 10).

5.2 Taguchi-menetelmä

”Tuotteen laatu on tuotteen (pienin mahdollinen) kokonaishävikki, jonka tuote aiheuttaa yhteisölle sen jälkeen, kun se on lähetetty tuotantolaitoksesta”

–Genichi Taguchi- (Karjalainen 1992, 11).

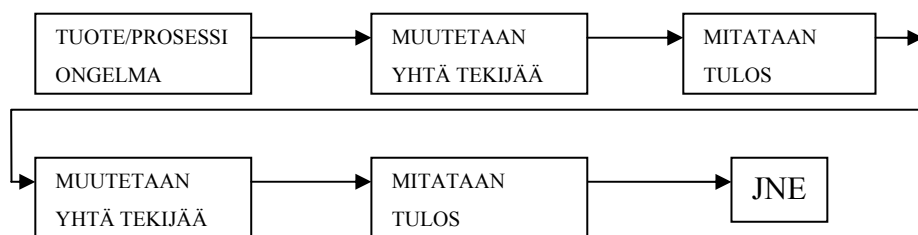
Perinteiset laatumenetelmät (tuotekehitysmenetelmät) ovat liittyneet kiinteästi tuotteen toimintaan (funktioon) ja siihen, miten hyvin tuote täyttää suunnittelu- spesifikaatiot. Taguchi on omaksunut toisenlaisen näkökulman laatuun. Menetelmän ideana on minimoida hävikki, jonka tuote aiheuttaa käyttäjälle, jos tuotteen ominaisuudet vaihtelevat. Toisin sanoen mitä pienempi hävikki, sitä laadukkaampi tuote. Taguchin mukaan hävikki määritellään ns. hävikkifunktiolla, jossa yhdistellään sekä insinööri- että tilastotekniikkaa. (Karjalainen 1992, 12; Karjalainen 1990, 13.)

Taguchi-menetelmän käytön myötä pystytään toimintaa ja tuotteita kehittämään asiakaslähtöisemmiksi, sillä hävikki eli tuotteen ominaisuuksien poikkeamat tavoitearvosta mitataan aina rahana. Asiakkaan hävikkiä pyritään minimoimaan suunnittelu- ja prosessiteknisin keinoin. (Karjalainen 1990, 13.)

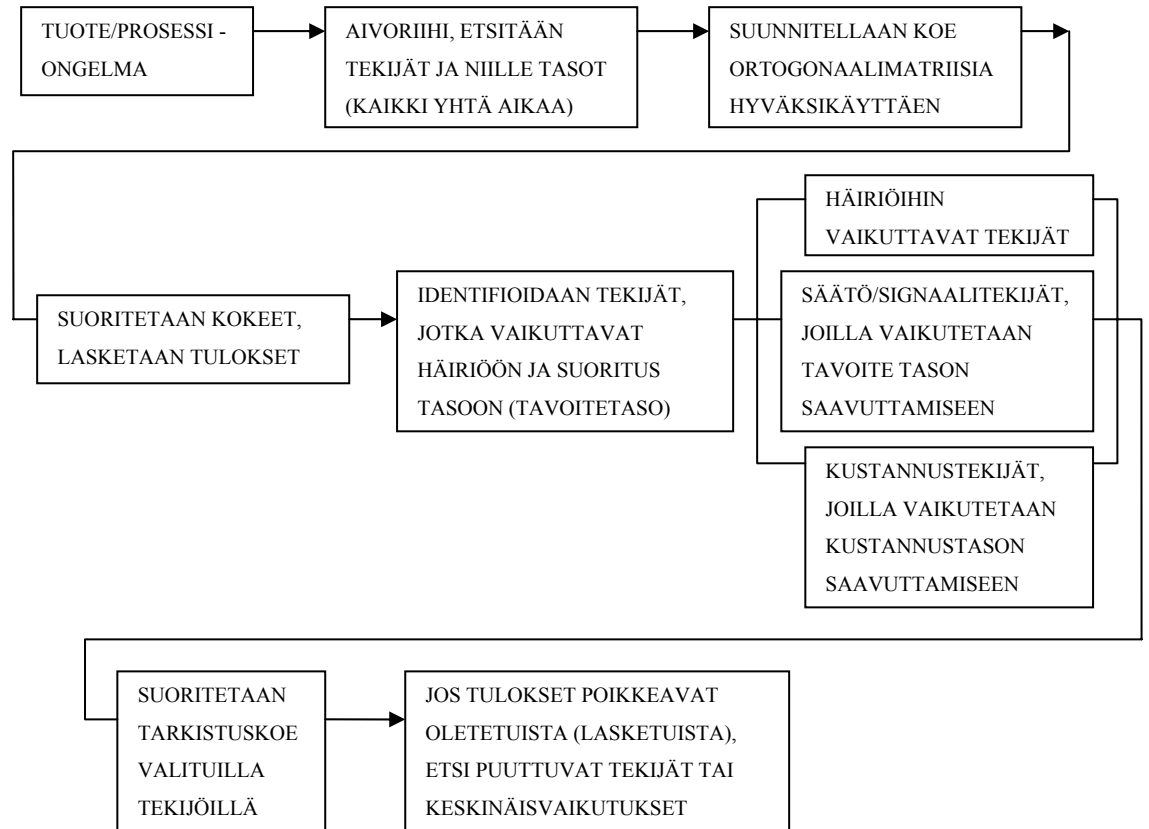
”Taguchi erottaa tuotteen ominaisuudet ja laatuominaisuudet tarkkaan toisistaan. Tuotteen ominaisuudet ovat niitä, joilla tuote kilpailee tietyllä markkinasegmentillä, ts. tuotteen speksit. Taguchin markkinasegmenttikäsitys on tuotokeskeisempi kuin yleensä on totuttu ajattelemaan. Tuotteen laatu taas tarkoittaa tuotteen ominaisuuksien (minimi) poikkeamia optimiarvostaan valitulla markkinasegmentillä, eli laatu määrää markkinaosuuden segmentistä.” (Karjalainen 1990, 13.)

5.2.1 Parametrisuunnittelu

Parametrisuunnittelussa, joka on Taguchi-menetelmän tärkein ja oleellisin osa, suunnittelija pystyy valitsemaan ja ohjaamaan erilaisten tekijöiden (esim. mitat, materiaalit, asetusarvot) arvoja. Tavoitteena on, että ko. tekijöiden määrittelyllä saavutettaisiin maksimaalinen suoritusarvo, pystyttäisiin tekemään tuotteesta/prosessista mahdollisimman kestävä häiriön eli kohinan aiheuttamalle vaihtelulle sekä toimittaisiin minimikustannuksin (karkeimmat ja halvimmat komponentit). Tekijöitä, joilla voidaan parhaiten maksimoida ja säätää tuotteen suoritusarvoja, kutsutaan signaalitekijöiksi tai skaalaus- tai tasotekijöiksi. Kuviossa 13 on esitetty perinteinen tapa ratkaista ongelmia ja kuviossa 14 Taguchi-menetelmän tapa ratkaista ongelmia. (Karjalainen 1992, 16 - 17; Karjalainen 1990, 45 - 47.)



KUVIO 13. Perinteisen suunnittelun tapa ratkaista ongelmat (Karjalainen 1990, 47)



KUVIO 14. Taguchi-menetelmän tapa ratkaista ongelmia (Karjalainen 1990, 47)

5.2.2 Parametrit

Parametrit ovat tekijöitä, jotka aiheuttavat tai aikaansaavat toiminnon ja/tai siihen liittyvän häiriön (KUVIO 15). Taguchi jakaa parametrit (tekijät, faktorit) neljään ryhmään (Karjalainen 1990, 48):

1. Signaalitekijät ovat tekijöitä, jotka käyttäjä/operaattori asettaa halutessaan prosessista tai koneesta tietyn ulostulon. Joskus käytetään useampaa kuin yhtä tekijää, esimerkiksi karkea- ja hienosäätöä.
2. Ohjaustekijät ovat tuotteen parametrien arvoja, jotka suunnittelija on asettanut. Jokainen ohjaustekijä voi saada useita arvoja, joita nimitetään tasoiksi.

Karjalaisen (1992, 20) mukaan ortogonaalimatriisien matemaattiset määrittelyt ovat seuraavat:

1. Se on lineaariyhtälöiden joukko
2. Jokainen lineaariyhtälö on ns. kontrastiyhtälö.
3. Jokainen lineaariyhtälö on jokaisen muun yhtälön kanssa ortogonaalinen (koh-tisuorassa).

”Voidaan osoittaa, että ortogonaalimatriiseilla voidaan saavuttaa yli 90-prosenttisesti sama tulos, mikä saavutetaan, kun kaikki yhdistelmät tutkitaan. Toi-sin sanoen L16-matriisia käytettäessä 16 kokeella saavutetaan 90-prosenttisesti sama tulos kuin 32768 kokeella. Ortogonaalimatriisit ovat myös joustavia ja niillä voidaan käsitellä suurta määrää muuttujia pienellä määrää kokeita. Lisäksi kokei-den tulokset ovat luotettavia ja toistettavissa. Yleisimpiä matriiseja ovat L8, L12, L16, L18 ja L4” (TAULUKKO 7). (Karjalainen 1992, 21 – 22.)

Karjalaisen (1992, 23) mukaan ortogonaalimatriisien (L= linear array) haittoja ovat seuraavat:

- Laatuominaisuutta on mitattava kohtuullisen tarkkaan.
- Tekijöiden keskinäisvaikutukset saattavat ”harhauttaa” analyysin tulosta. Tämä varmistetaan tarkastuskokeella.

TAULUKKO 7. Ortogonaalimatriisit (Karjalainen 1992, 21)

L-matriisi	Tekijöitä	Tasoja	L (kokonaismäärä) (orthogonal)	Kaikki mahdolliset (full factor)
L4	3	2	4	8
L8	7	2	8	128
L9	4	3	9	81
L12	11	2	12	2048
L16	15	2	16	32768
L18	1	2		
L18	7	3	18	4374
L27	13	3	27	1594323
L36	11	2		
L36	12	3	36	> 1000 milj.

6 LAJITTELUTUTKIMUS

6.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet

Tehtaan viilunlajittelun oikeellisuuteen ei oltu tyytyväisiä. Alkutilannetta kartoitettaessa otettiin koekuormat jokaisesta laadusta, jotka puolsivat asiaa. Lajittelulinjalla ei ollut tehty seurantatutkimuksia pitkään aikaan, vaan oli luotettu vanhojen säätöjen oikeellisuuteen. Suurimmat lajittelun oikeellisuuteen vaikuttavat tekijät ovat konenäön parametrit ja valojen säädöt.

Työni tarkoitus on selvittää alkutilanne verkkokuivauslinjan lajittelun oikeellisuudesta ja järjestää koeajot, joiden avulla selvitetään konenäkölajittelun parhaat mahdolliset parametrit. Näiden avulla tulisi linjan saannon parantua ja läpimenoajan nopeutua. Minimoimalla turhaa työtä sekä uudistamalla ja kehittämällä toimintatapoja pystytään optimoimaan tuotantotehokkuutta sekä virtaviivaistamaan tuotantoa.

Tutkimuksen tavoitteena on parantaa lajittelun oikeellisuutta eli minimoida tai parhaassa tapauksessa poistaa virheellinen laatu sekä kartoittaa mekaaniset ongelmat ja minimoida ne. Näiden parannusten avulla tulisi saada taloudellista säästöä.

6.2 Tutkimuksen aloitus

Tutkimus jakautuu kolmeen osaan:

- lajittelun oikeellisuuden alkutilanteen kartoittaminen
- koetutkimus
- koetutkimuksessa saatujen tulosten vaikutus lajittelun oikeellisuuden parantamiseen.

6.3 Lähtötilanteen kartoittaminen

Laatukohtainen lajittelun oikeellisuus kartoitettiin ottamalla koekuormat laaduista K2, K3, K4, leikattava, leveä lajiteltava ja leveä paikattava. Ensimmäisissä koekuormaerissä oli pakotettu alkuleikkaus pois päältä (kuten normaalisti) ja toisten koekuormaerien ajan päällä. Koekuormat otettiin normaalin tuotannon yhteydessä sivuun ja lajiteltiin uudelleen käsin. Havaitut mitattavissa olevat viat mitattiin tarkasti. Virheellinen laatu tarkoitti, että viiluarkki oli laadullisesti mennyt väärään pinkkaan lajiteltaessa. Laatua alentaneet viat merkattiin ylös. Koekuormien tulokset on esitetty laatukohtaisesti luvun 6.5.1 yhteydessä ja viilun laatua alentaneet viat alaotsikon luvun 6.5.2 yhteydessä.

Huomioitavaa koekuormien tuloksia tarkasteltaessa:

- Sorvatun puun laatu vaihteli koekuormia otettaessa.
- Ensimmäisiä koekuormia otettaessa sorvattiin pohjapuuta, joten linjan ajonopeus oli hitaampi (n. 30 - 35 m/min). Muulloin ajonopeus on noin 40 - 45 m/min.
- Viiluissa oli jonkin verran kupruilua. Sitä ei tiedetä, kuinka konenäkö havaitsee kupruilun. Jurmut huomioitiin, mutta ei otettu mukaan laskuihin viilun laatua alentavana vikana.
- Viiluissa oli huomattavan paljon halkeamia päivästä ja kuormasta riippumatta
- Rikkosyisyys sekä ”U:n -muotoiset” (oksan ympärillä olevat) reiät on tulokinnan varaisesti laadutettu.
- Varalokerot: Sitä, kuinka suuri osa on tullut tätä kautta huonompaan laatuun, ei tiedetä.
 - Kuormalavan vaihtumisen ajan kyseisen laadun viilut menevät yhtä laatuluokkaa huonompaan kuormaan (varalokeroon).
- Viilu on voinut haljeta lisää lajittelun jälkeen tai kuiva oksa on voinut tipputa lajittelun jälkeen esimerkiksi pinkkareilla tai kuljetuksessa.

- Useita käsinlajittelijoita apuna: näkemyseroja laaduista (niissä kohdissa, joissa mitta ei kerro laatua).
- Koekuormien määrä: jos lajiteltaisi useampi koekuorma, niin saataisi tarkemmat tulokset.

Pidempi aikainen seuranta suoritettiin päivätesteillä. Myös lajittelukokeen jälkeinen laatusuranta suoritettiin samanlaisilla päivätesteillä. Päivätesteissä ajettiin yhteen lokeroon kaikki kantikkaat laadut ja yhteen lokeroon kaikki leveät. Kokonaisuudessaan päivätestin otoksen suuruus oli 200 viiluarkkia tai hieman yli. Jotta koneen antama laatu kullekin arkille saatiin selville, asetettiin leikkurin jälkeen maaliruiskut (KUVIOT 16 ja 17), jotka värjäisivät kuhunkin arkkiin maaliviivan (KUVIO 18). Kullekin laadulle oli määritetty oma värinsä (TAULUKKO 8). Ruiskujen toiminta yhdistettiin lajittelulinjan logiikkaan. Päivätestit suoritettiin ensin leikkaus- ja lajittelulinja I:n alkuperäisillä asetuksilla. Noin viikon seuranta-jakson jälkeen linjalle vaihdettiin samat parametrit, jotka olivat käytössä toisella lajittelulinjalla (linjat ovat identtiset). Käsinlajittelussa kuormat käytiin läpi uudelleen mitan kanssa noudattaen tarkoin taulukon 9 ohjeita.



KUVIO 16. Konenäön mukainen laatu merkittiin viiluihin maaliruiskujen avulla



KUVIO 17. Jokaiselle laadulle on oma värinsä



KUVIO 18. Väriviiva kertoo konenäön määrittelemän laadun

TAULUKKO 8. Kullekin laadulle oli määritetty oma värinsä

LAATU:	VÄRI:
LEIKATTAVA	musta-oranssi
K4	musta
K3	oranssi
K2	vihreä
LAJITELTAVA	sininen
LEVEÄ PAIKATTAVA	musta
LEVEÄ LAJITELTAVA	punainen

TAULUKKO 9. Ohjeet käsinlajitteluun

	Oksanreikä, halk. Maks.	Halkeama maks. (leveys x pituus)	Kova laho	Jurmu	Koppurainen viilu
K2	15	5 x 600	Sallitaan	Ei sallita	Ei sallita
K3	25	7 x 600	Sallitaan	Ei sallita	Ei sallita
K4	50	10 x 600	Sallitaan	Sallitaan lievä- nä	Sallitaan

6.4 Pakotettu alkuleikkaus

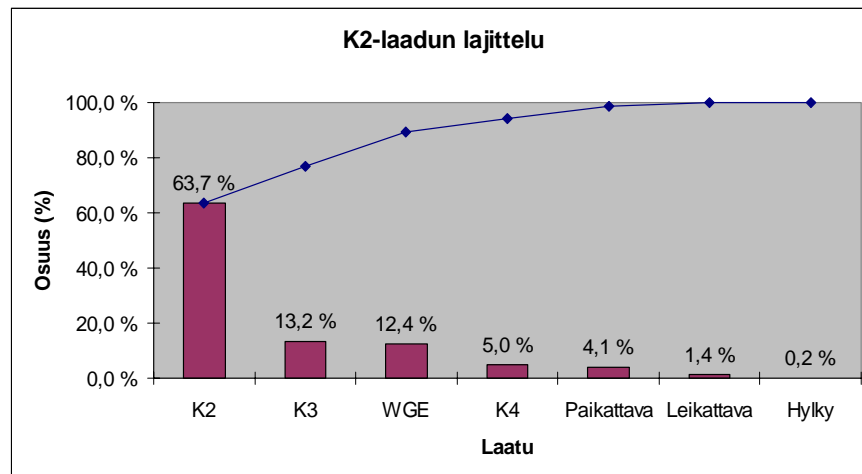
Pakotetulla alkuleikkaus -parametrilla voi määrittää vähimmäismitan, jonka leikkuri katkaisee leikattavaan laatuun viilumaton alusta. Toisten koekuormaerien ajan lajittelussa viilumaton alusta otettiin 800 mm leikattavaan laatuun. Viilumaton alusta leikataan aina aloituskiila 400 mm roskeen, ja tuo mitta ei sisälly määritettyyn vähimmäisalkuleikkaukseen.

6.5 Pakotetun alkuleikkauksen vaikutus

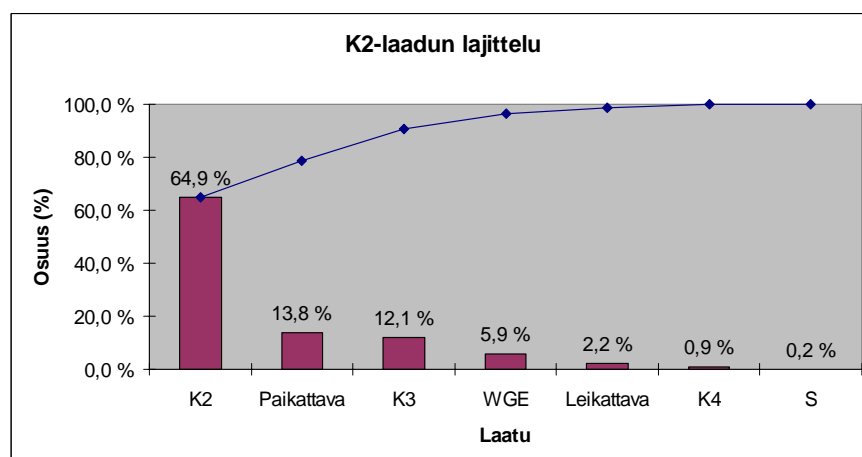
Pakotetun alkuleikkauksen vaikutus tulisi näkyä parhaiten silloin, kun lajiteltavan viilumaton laatu on erittäin hyvää alusta lähtien. Tällöin on mahdollista saada enemmän parempaa pintaviilua, koska viilumaton alussa olevien kuoriläiskien tulisi olla leikattu parametrin vaikutuksesta pois. Kone näkö ei havaitse kuorta, jollei se ole todella tummaa tai kuoren kohdalla ole myös reikä. Kyseisen parametrin vaikutuksen odotettiin näkyvän eniten leveä paikattava -laadun kohdalla. Kyseisen laadun onnistumisprosentti nousikin 59,7 %:sta 73,2 %:iin, mutta kuoren osuus koekuorman viiluissa viilun laatua alentavana vikana säilyi ennallaan. Koska otosten suuruus on niin pieni, ei voi sanoa, mikä pakotettu alkuleikkaus - parametrin todellinen vaikutus hyvän viilun saantoon pitkällä aikavälillä on. Myös muiden laatujen paitsi keskimmaisviilu laatu K4:n osalta onnistumisprosentit paraniivat kyseisen parametrin ollessa päällä, mutta muutokset eivät olleet niin suuria. Kantikkaiden laatujen (K2, K3, K4, leikattava) keskimääräinen onnistumisprosentti nousi 53,9:stä 55,3:een ja leveä lajiteltava laadun (pintaviilu) 85,3:sta 88,7:ään.

6.5.1 Lajittelun oikeellisuus laaduttain

Ensimmäisessä koekuormassa K2-laadun oikeellisuusprosentti oli 63,7. Parempia kuormassa oli 16,5 % ja huonompia 19,8 %. Näyte-erän suuruus oli 515 viilua. Toisessa koekuormassa K2-laadun oikeellisuusprosentti oli 64,9. Parempia kuormassa oli 19,9 % ja huonompia 15,2 %. Näyte-erän suuruus oli 538 viilua. Koe-kuormissa K2-laadun oikeellisuus oli kantikkaissa laaduissa selkeästi parhain, vaikka sen oikeellisuus jäikin molemmissa kuormissa hieman päälle 60 %:n. K2-laadun tulokset on esitetty kuvioissa 19 sekä 20.

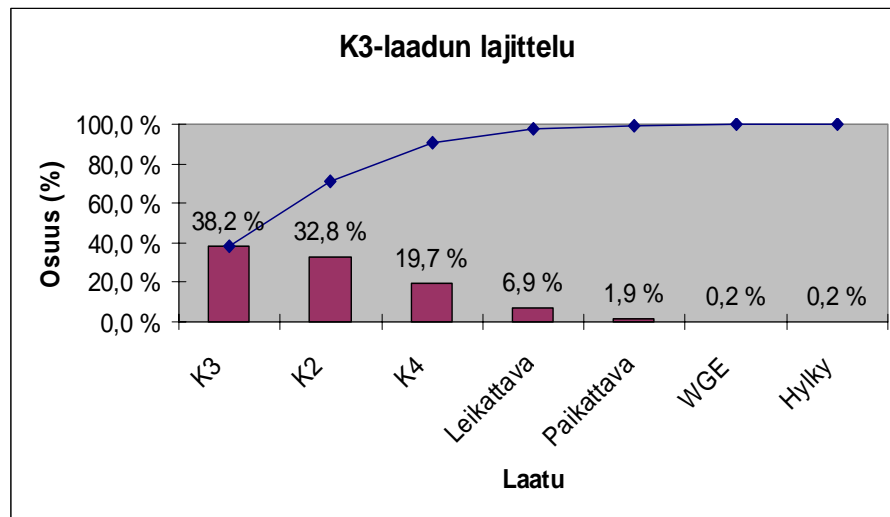


KUVIO 19. Laadun K2 käsinsajittelun tulokset, kun alkuleikkaus pois päältä

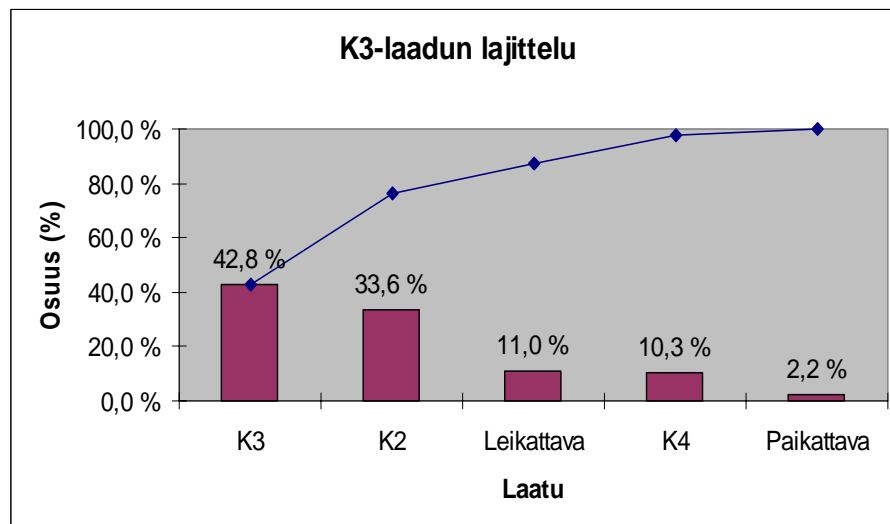


KUVIO 20. Laadun K2 käsinsajittelun tulokset, kun alkuleikkaus päällä

Ensimmäisessä koekuormassa K3-laadun oikeellisuusprosentti oli 38,2. Parempia kuormassa oli 35 % ja huonompia 26,8 %. Näyte-erän suuruus oli 463 viilua. Toisessa koekuormassa K3-laadun oikeellisuusprosentti oli 42,8. Parempia kuormassa oli 35,9 % ja huonompia 21,3 %. Näyte-erän suuruus oli 535 viilua. Molemmissa kuormissa on huomattavan paljon K2-laatua. K3-laadun tulokset on esitetty kuvioissa 21 sekä 22.

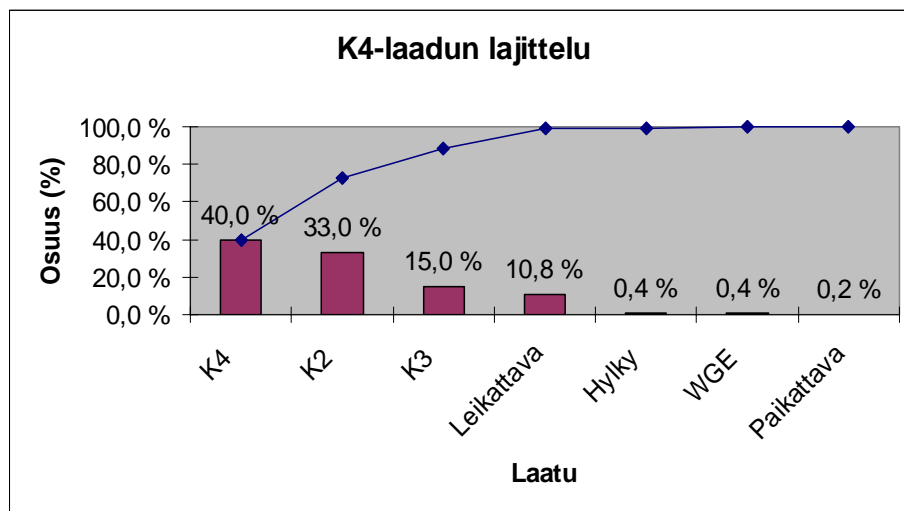


KUVIO 21. Laadun K3 käsinlajittelun tulokset, kun alkuleikkaus pois päältä

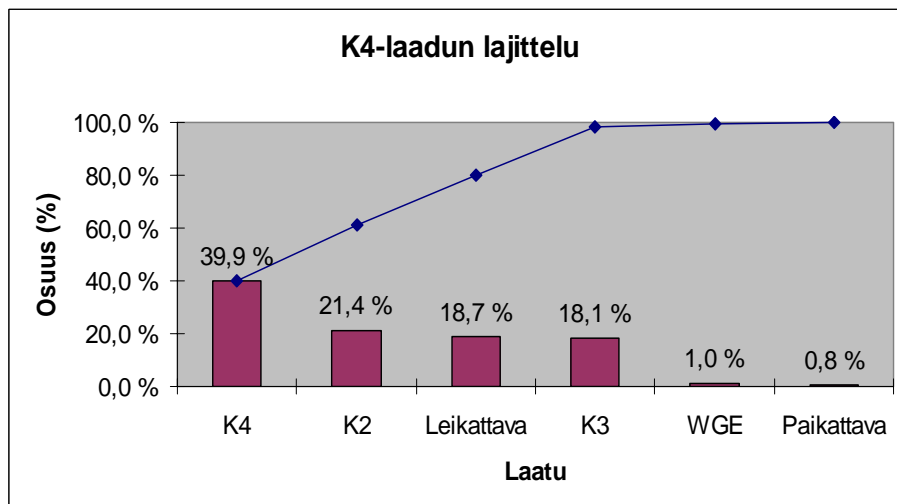


KUVIO 22. Laadun K3 käsinlajittelun tulokset, kun alkuleikkaus päällä

Ensimmäisessä koekuormassa K4-laadun oikeellisuusprosentti oli 40,0. Parempia kuormassa oli 48,7 % ja huonompia 11,3 %. Näyte-erän suuruus oli 425 viilua. Toisessa koekuormassa K4-laadun oikeellisuusprosentti oli 39,9. Parempia kuormassa oli 41,4 % ja huonompia 18,7 %. Näyte-erän suuruus oli 486 viilua. Myös K4-laadun molemmissa koekuormissa oli huomattavasti K2 laatua. Oletettavaa olisi ollut, että laatu olisi heittänyt vain yhdellä. K4-laadun tulokset on esitetty kuvioissa 23 sekä 24.

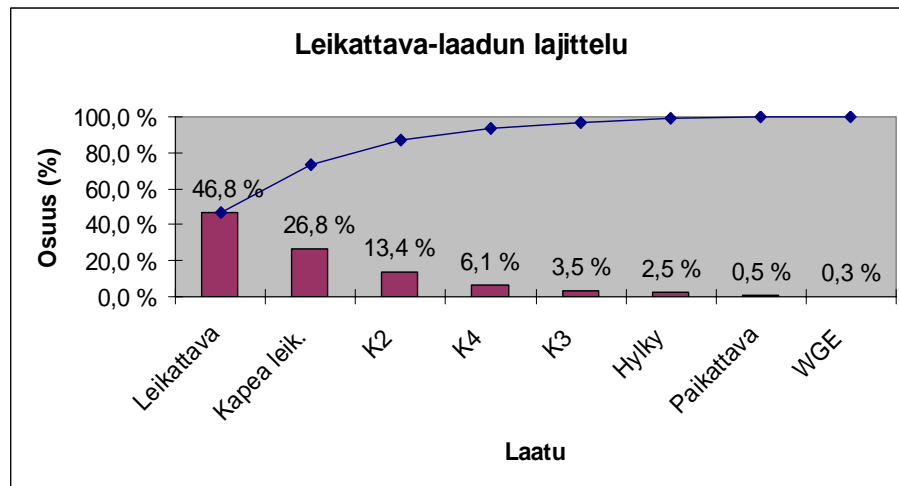


KUVIO 23. Laadun K4 käsinlajittelun tulokset, kun alkuleikkaus pois päältä

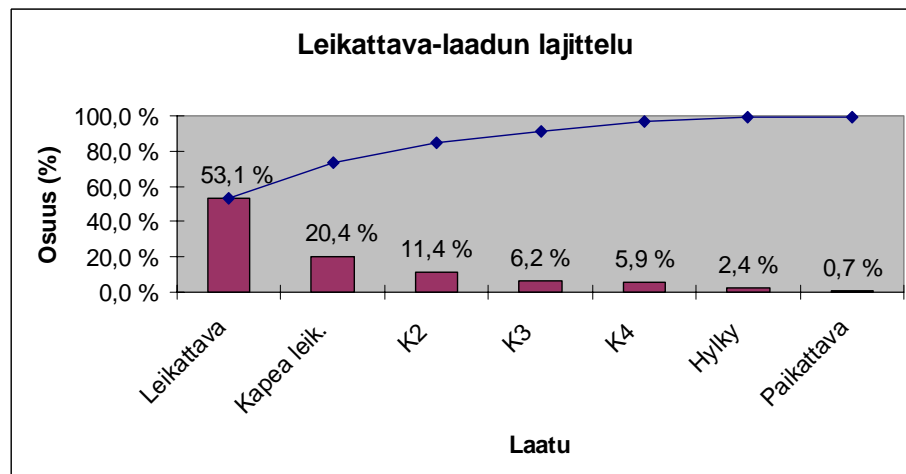


KUVIO 24. Laadun K4 käsinlajittelun tulokset, kun alkuleikkaus päällä

Ensimmäisessä koekuormassa leikattava -laadun oikeellisuusprosentti oli 73,7. Parempia kuormassa oli 23,8 % ja huonompia 2,5 %. Näyte-erän suuruus oli 395 viilua. Toisessa koekuormassa leikattava -laadun oikeellisuusprosentti oli 73,5. Parempia kuormassa oli 24,1 % ja huonompia 2,4 %. Näyte-erän suuruus oli 422 viilua. Leikattava-laadussa molemmissa koekuormissa K2- laatua oli yhtä paljon kuin K3- ja K4-laatuja yhteensä. Leikattava -laadun tulokset on esitetty kuvioissa 25 sekä 26.

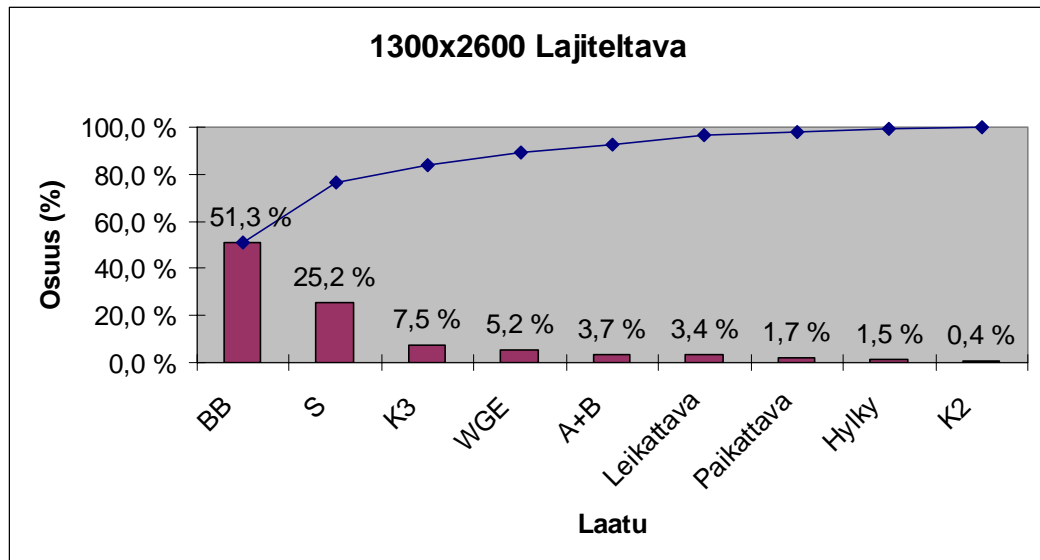


KUVIO 25. Leikattava -laadun käsinlajittelun tulokset, kun alkuleikkaus pois päältä

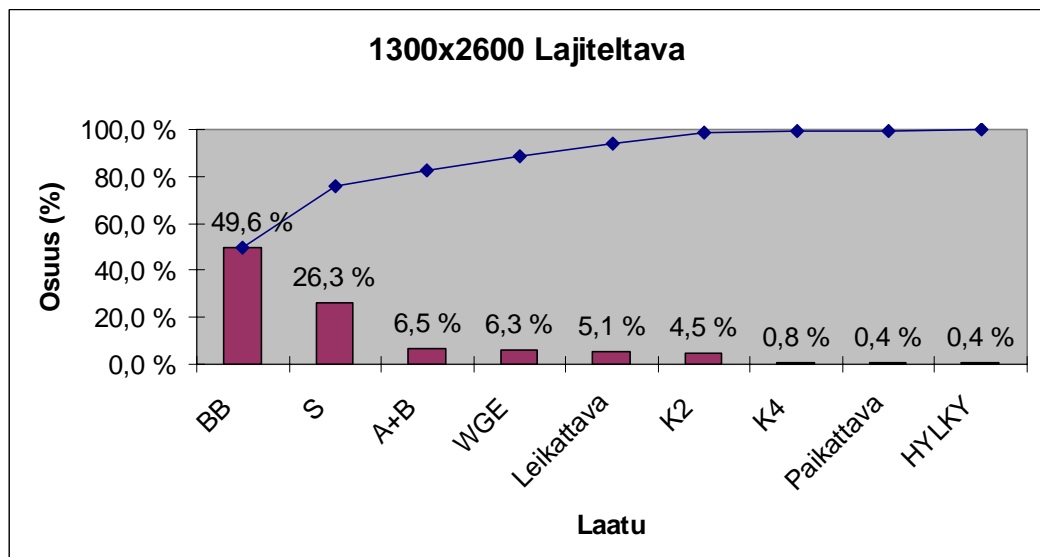


KUVIO 26. Leikattava -laadun käsinlajittelun tulokset, kun alkuleikkaus päällä

Ensimmäisessä koekuormassa leveä lajiteltava -laadun oikeellisuusprosentti oli 85,3 ja väärää laatua kuormassa oli 14,7 %. Näyte-erän suuruus oli 464 viilua. Toisessa koekuormassa leveä lajiteltava -laadun oikeellisuusprosentti oli 88,7 ja väärää laatua kuormassa oli 11,3 %. Näyte-erän suuruus oli 506 viilua. Leveä lajiteltava -laadun tulokset on esitetty kuvioissa 27 sekä 28.

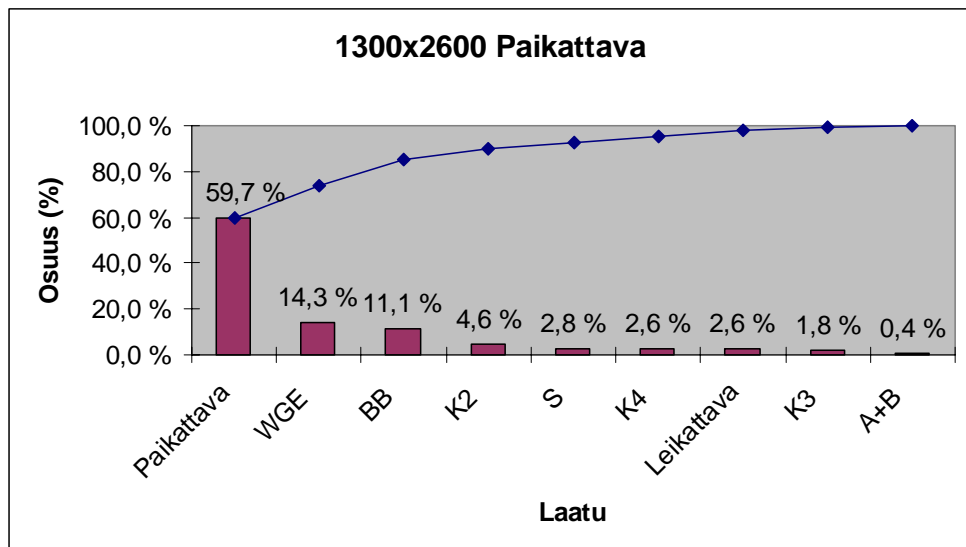


KUVIO 27. Leveä lajiteltava -laadun käsinlajittelun tulokset, kun alkuleikkaus pois päältä

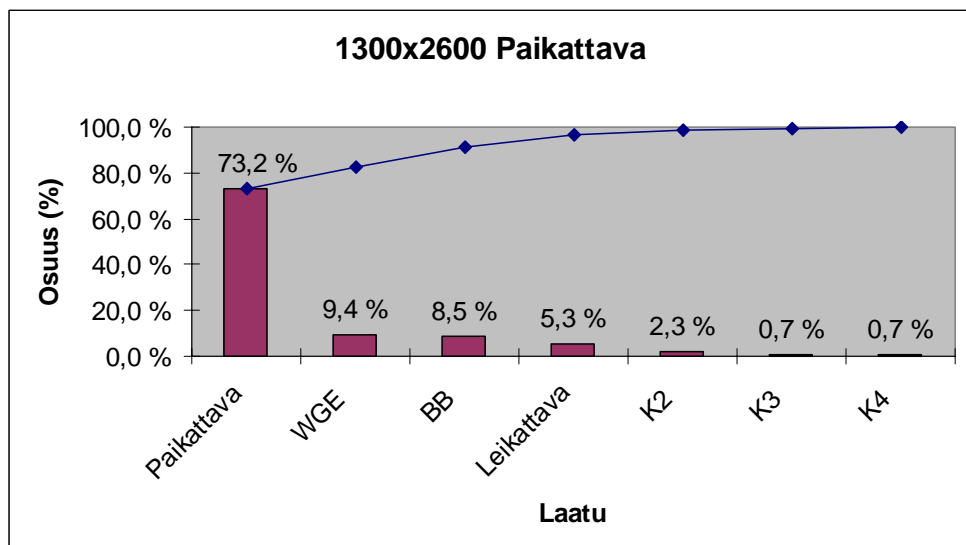


KUVIO 28. Leveä lajiteltava -laadun käsinlajittelun tulokset, kun alkuleikkaus päällä

Ensimmäisessä koekuormassa leveä paikattava -laadun oikeellisuusprosentti oli 59,7. Parempia kuormassa oli 28,6 % ja huonompia 11,7 %. Näyte-erän suuruus oli 496 viilua. Toisessa koekuormassa leveä paikattava -laadun oikeellisuusprosentti oli 73,2. Parempia kuormassa oli 17,9 % ja huonompia 8,9 %. Näyte-erän suuruus oli 436 viilua. Toisessa leveä paikattava -laadun koekuormassa onnistumisprosentti parani merkittävästi. Leveä paikattava -laadun tulokset on esitetty kuvioissa 29 sekä 30.



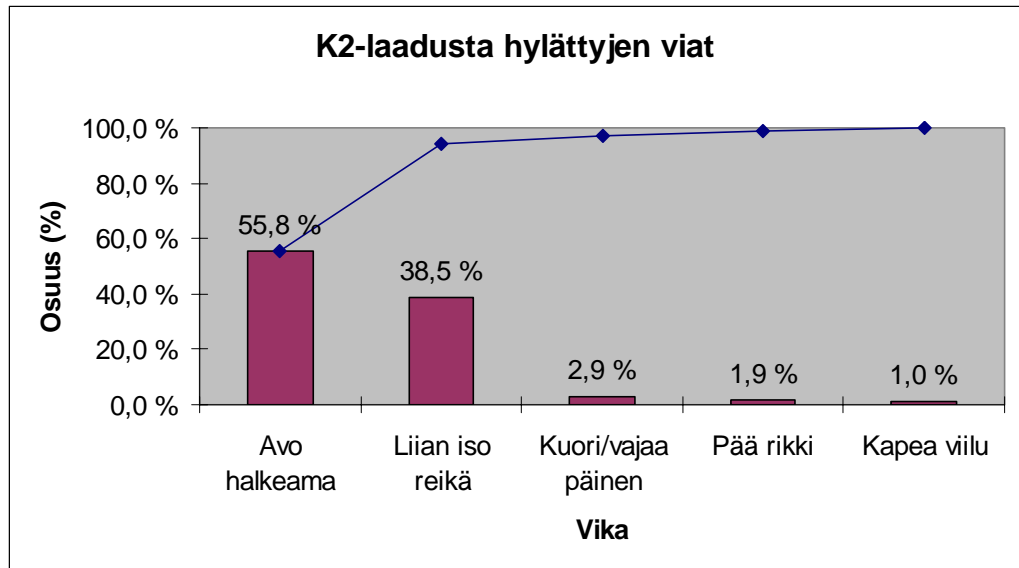
KUVIO 29. Leveä paikattava -laadun käsinlajittelun tulokset, kun alkuleikkaus pois päältä



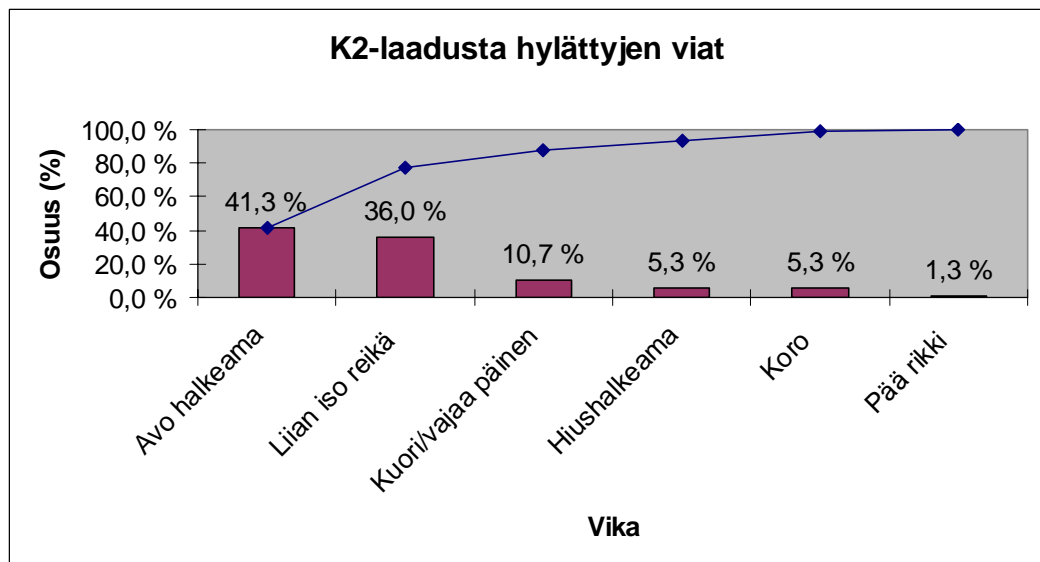
KUVIO 30. Leveä paikattava -laadun käsinlajittelun tulokset, kun alkuleikkaus päällä

6.5.2 Laatua alentaneet viat

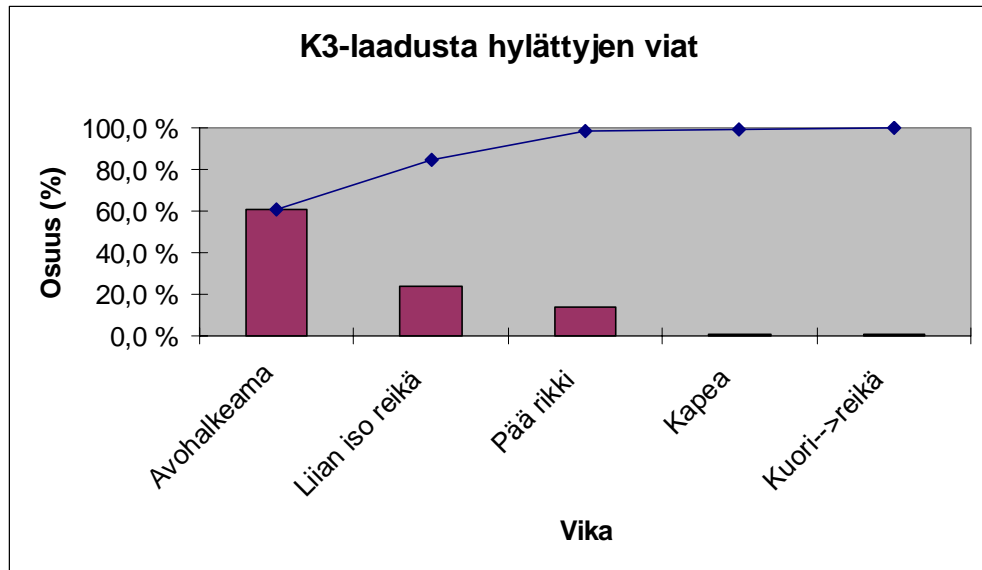
Molemmissa koekuormaerissä (sekä ilman pakotettua alkuleikkausta että sen ollessa päällä) eniten laadun alenemista kantikkaissa viiluissa aiheuttivat liian suuret halkeamat ja liian isot reiät. Juuri kyseiset viat konenäön tulisi erottaa ongelmitta. Leveissä viiluissa (lajiteltavissa) laadun alenemisen suurimmat aiheuttajat olivat kuori, koro sekä liian iso reikä. Kuvioissa 31 - 40 on esitetty laaduittain ensimmäisten ja toisten koekuormien laatua alentaneet viat. Taulukko 10 on kooste ensimmäisissä koekuormissa esiintyneistä vioista. Taulukko 11 on kooste toisissa koekuormissa esiintyneistä vioista. Taulukossa 12 on vertailtu ensimmäisten ja toisten koekuormien välisiä eroja.



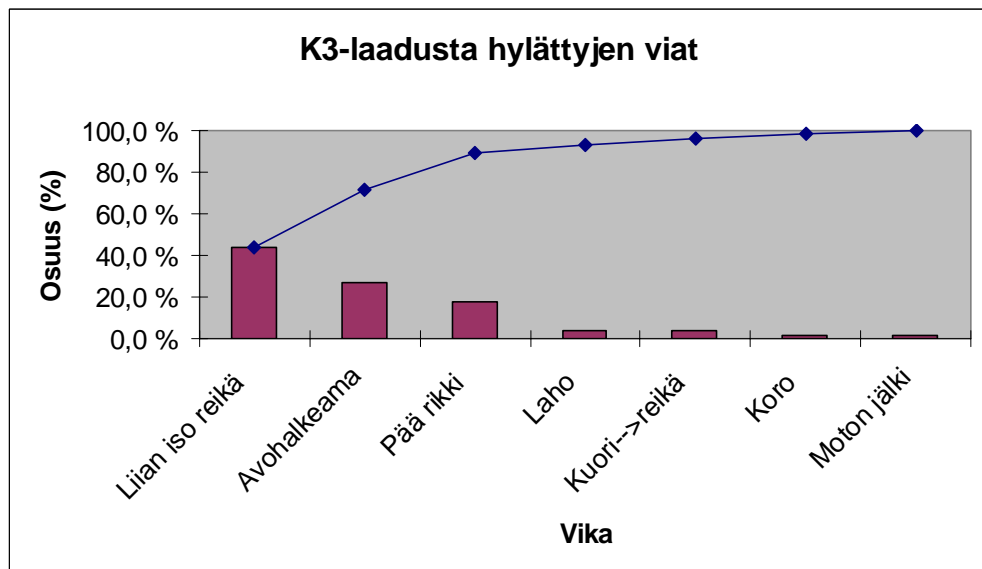
KUVIO 31. K2-laadusta hylättyjen viat ensimmäisessä koekuormassa



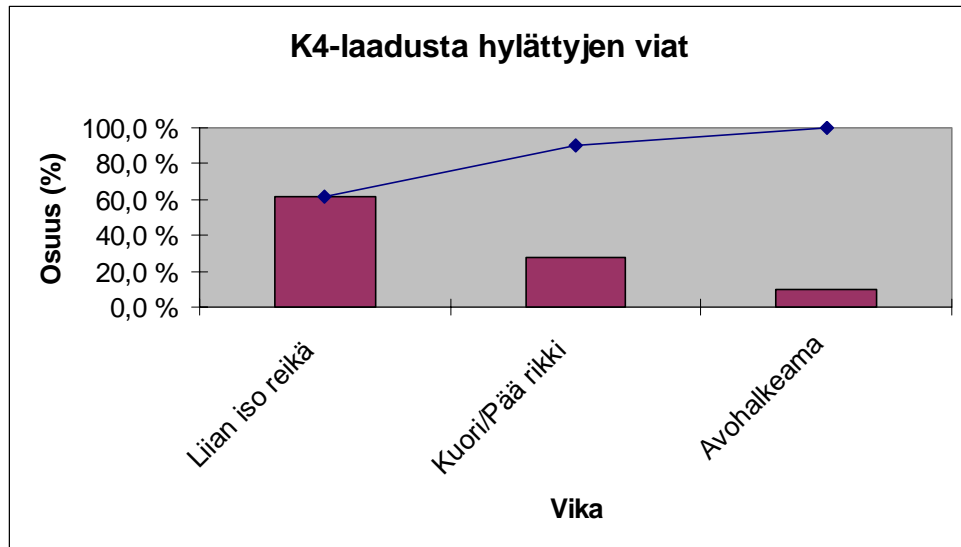
KUVIO 32. K2-laadusta hylättyjen viat toisessa koekuormassa



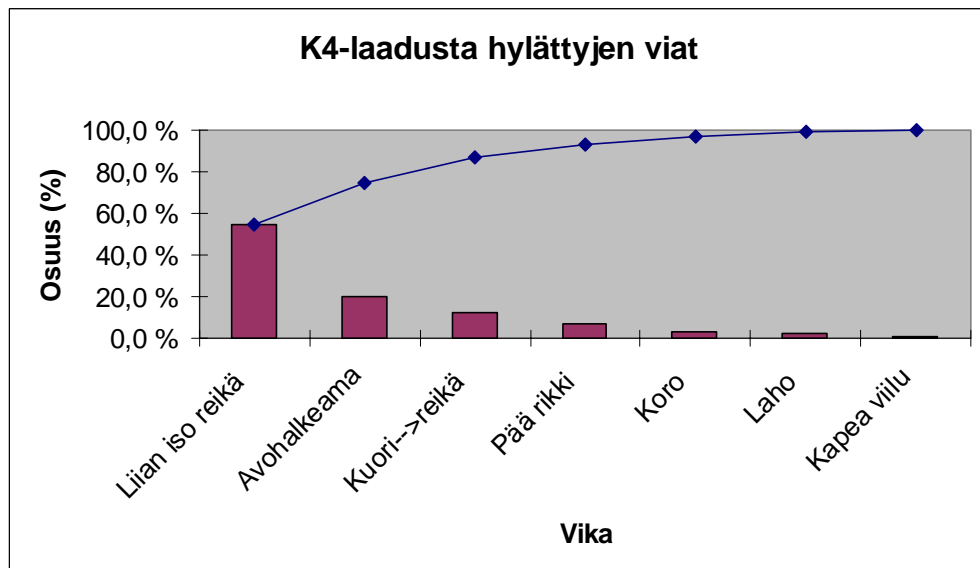
KUVIO 33. K3-laadusta hylättyjen viat ensimmäisessä koekuormassa



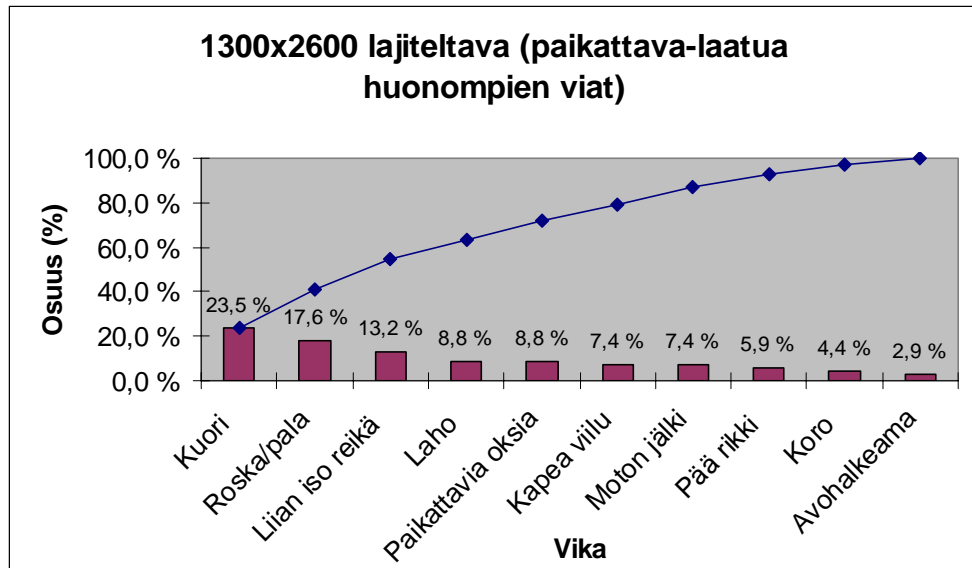
KUVIO 34. K3-laadusta hylättyjen viat toisessa koekuormassa



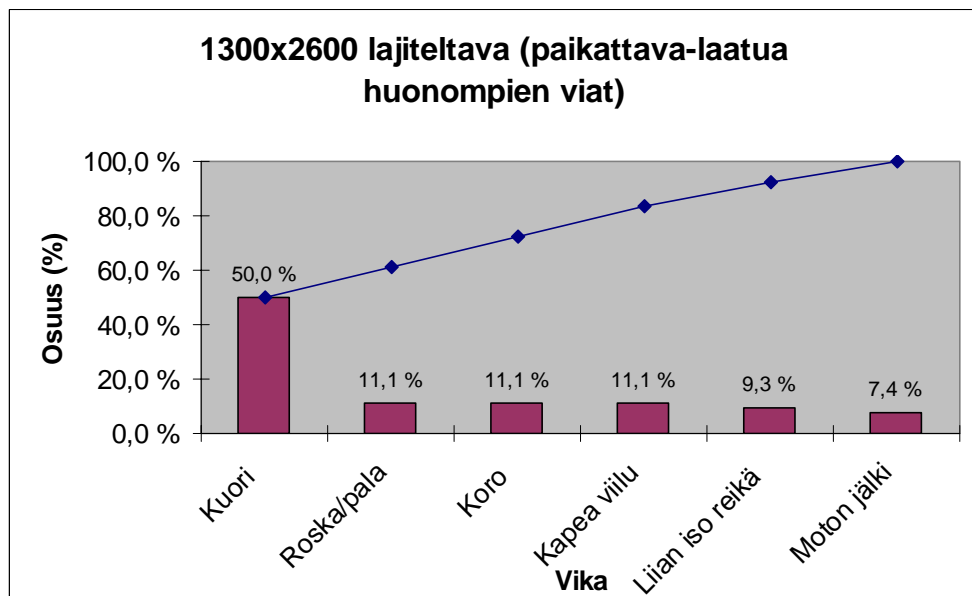
KUVIO 35. K4-laadusta hylättyjen viat ensimmäisessä koekuormassa



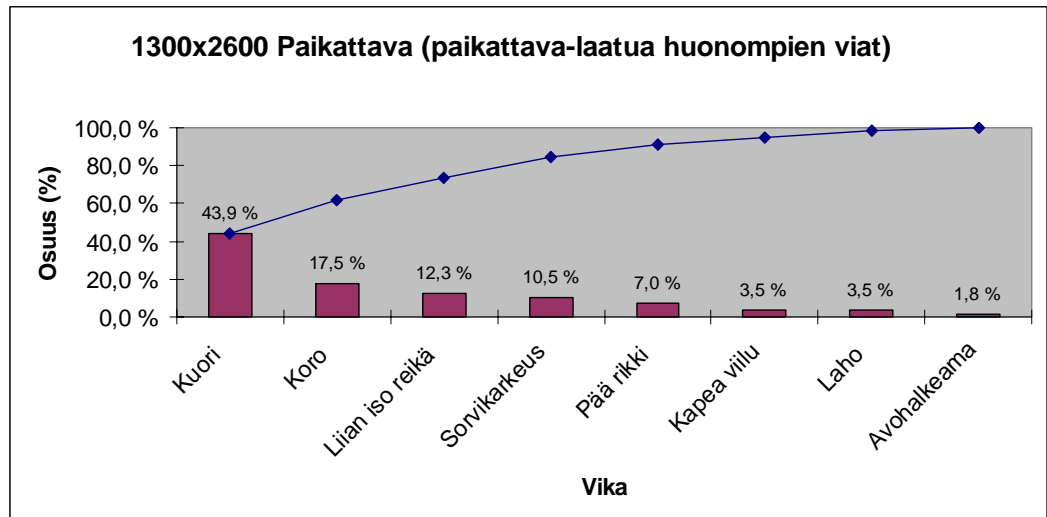
KUVIO 36. K4-laadusta hylättyjen viat toisessa koekuormassa



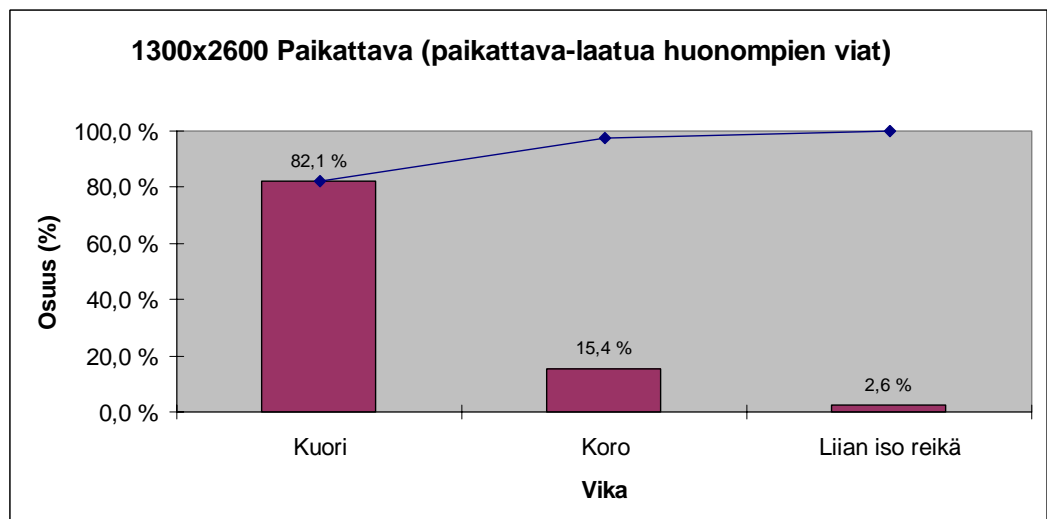
KUVIO 37. Leveä lajiteltava -laadusta hylättyjen viat ensimmäisessä koekuormassa



KUVIO 38. Leveä lajiteltava -laadusta hylättyjen viat toisessa koekuormassa



KUVIO 39. Leveä paikattava -laadusta hylättyjen viat ensimmäisessä koekuormassa



KUVIO 40. Leveä paikattava -laadusta hylättyjen viat toisessa koekuormassa

TAULUKKO 10. Viulun laatua alentaneet viat käsinlajittelussa, kun alkuleikkaus pois päältä koekuormissa

	K2	K3	K4	Leik.	YHT	Lajitelta- va	Paikatta- va	YHT	KAIKKI YHT	%
Reunavajaa					0			0	0	0,0
Hiushalkeama					0			0	0	0,0
Avohalkeama	58	75	5		138	2	1	3	141	32,7
Liian iso reikä	40	30	31		101	9	7	16	117	27,1
Jur- mu/makkara	7		3	2	12		6	6	18	4,2
Koro					0	3	10	13	13	3,0
Laho					0	6	2	8	8	1,9
Lyhyt viilu					0			0	0	0,0
Kapea viilu	1	1		(106)	2	5	2	7	9	2,1
Pala				9	9	12		12	21	4,9
Ohut					0			0	0	0,0
Kuori --> (reikä)	3	1	14		18	16	25	41	59	13,7
Värvika					0			0	0	0,0
Värijuova					0			0	0	0,0
Moton jälki					0	5		5	5	1,2
Suonikkuus					0			0	0	0,0
Vesiläikkä					0			0	0	0,0
Sorvikarkeus					0		6	6	6	1,4
Tasku					0			0	0	0,0
Pää rikki	2	17			19	4	4	8	27	6,3
Rikkosyinen					0		1	1	1	0,2
Roska										0,0
Paikattava oksa					0	6		6	6	1,4
YHT	111	124	53	11	299	68	64	132	431	100

TAULUKKO 11. Viilun laatua alentaneet viat käsinlajittelussa, kun alkuleikkaus-
pöydällä

	K2	K3	K4	Leik.	YHT	Leveä Lajit.	Leveä Paik.	YHT	KAIKKI YHT	%
Reunavajaa					0			0	0	0,0
Hiushalkeama	4				4			0	4	1,0
Avohalkeama	31	30	18		79			0	79	19,9
Liian iso reikä	27	49	50		126	5	1	6	132	33,3
Jurmu/makkara	5		8		13			0	13	3,3
Koro	4	2	3		9	6	6	12	21	5,3
Laho		4	2		6			0	6	1,5
Lyhyt viilu				3	3			0	3	0,8
Kapea viilu			1	(86)	1	6		6	7	1,8
Pala				5	5			0	5	1,3
Ohut					0			0	0	0,0
Kuori --> (rei- kä)	8	4	11		23	27	32	59	82	20,7
Värivika					0			0	0	0,0
Värijuova					0			0	0	0,0
Moton jälki		2			2	4		4	6	1,5
Suonikkuus					0			0	0	0,0
Vesiläikkä					0			0	0	0,0
Sorvikarkeus					0			0	0	0,0
Tasku					0			0	0	0,0
Pää rikki	1	20	6		27			0	27	6,8
Rikkosyinen					0	3		3	3	0,8
Roska				2	2	6				0,0
Paikattava oksa					0			0	0	0,0
YHT	80	111	99	10	300	57	39	96	396	100

TAULUKKO 12. Vikojen esiintymisen vertailu pakotetun alkuleikkauksen ollessa pois päältä (1.) ja päällä (2.)

	1.	2.	YHT	%
Reunavajaa	0	0	0	0,0
Hiushalkeama	0	4	4	0,5
Avohalkeama	141	79	220	26,6
Liian iso reikä	117	132	249	30,1
Jurmu/makkara	18	13	31	3,7
Koro	13	21	34	4,1
Laho	8	6	14	1,7
Lyhyt viilu	0	3	3	0,4
Kapea viilu	9	7	16	1,9
Pala	21	5	26	3,1
Ohut	0	0	0	0,0
Kuori --> (reikä)	59	82	141	17,0
Värivika	0	0	0	0,0
Värijuova	0	0	0	0,0
Moton jälki	5	6	11	1,3
Suonikkuus	0	0	0	0,0
Vesiläikkä	0	0	0	0,0
Sorvikarkeus	6	0	6	0,7
Tasku	0	0	0	0,0
Pää rikki	27	27	54	6,5
Rikkosyinen	1	3	4	0,5
Roska	0	0	0	0,0
Paikattava oksa	6	0	6	0,7
YHT	431	396	827	100

6.6 Koesuunnitelma

Testiajot tehtiin hyödyntäen Taguchi-menetelmän L12 ortogonaalimatriisia. Testin tarkoituksena oli löytää reikien ja oksien tunnistamiseen käytettävien parametrien optimiarvot. Tämä tarkoittaa sitä, että vikojen todellisen koon tulisi vastata konenäön tunnistamaa kokoa. Samalla pyrittiin minimoimaan konenäön näkymän ja todellisten vikakokojen hajonta. Hajontaa pienentämällä ja hallitsemalla voi kontrolloida paremmin laatukohtaisia parametreja. Kokeessa käytettiin viilumattoa, johon tehtiin itse viat.

6.7 Valitut muuttujat

Valitut muuttujat eli muutettavat parametrit valittiin aikaisempien kokemusten perusteella. Kokemus ja alustavat tiedot kokeen järjestämisestä oli saatu, kun vastaavanlainen koe järjestettiin UPM-Kymmene Wood Heinolan-vaneritehtaan toisella verkkokuivauslinjalla.

6.7.1 Oksat

Valitut muuttujat eli muutettavat parametrit valittiin aikaisempien kokemusten perusteella.

– Oksan valokynnys 1 (parametri 12) sekä oksan valokynnys 2 (parametri 13):

- Mitä pienemmät kyseiset arvot ovat, sitä vaaleammat oksat löytyvät, ja sitä isommiksi ne mitataan. Tämän johdosta oksan mahdollinen tumma ympäristö luetaan mukaan oksaan, josta seuraa käsittelyajan pidentyminen.

– V1-raja kuolleelle oksalle (parametri 35), V2-raja kuolleelle oksalle (parametri 36) ja V-ero kuolleelle oksalle (parametri 37):

- Mitä pienemmät arvot, sitä herkemmin oksat tulkitaan kuolleeksi eikä terveeksi. Parametri 35 tutkii oksan keskimääräistä valotasoa. Parametri 36 tutkii oksan tummintaa tasoa. Parametri 37 tutkii parametrien 35 ja 36 eroa.

6.7.2 Halkeamat

– Reikien valokynnys 1 (parametri 26) ja 2 (parametri 27):

- Parametri 26 (reikien valokynnys 1) tarkoittaa, että jos viilusta löytyy kohta, jonka valotaso eroaa ympäristöstään enemmän kuin parametrin sisältämä arvo, tulkitaan se reiäksi. Plus (+) vähentää reikien määrää, miinus (-) lisää reikien määrää.
- Parametri 27 (reiän valokynnys 2) tarkoittaa, että jos viilusta on löytynyt reikä joka näkyy useammassa kuin yhdessä pyyhkyssä, niin tästä reiästä saatu suurin arvo täytyy olla suurempi kuin parametri 27

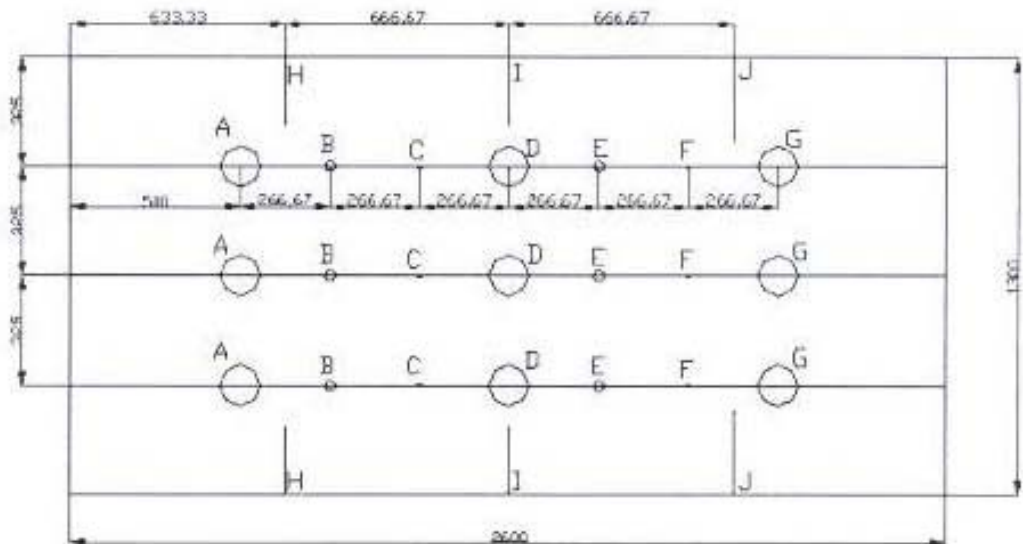
– Pienin sallittu valoero reikien herkässä etsinnässä (parametri 30)

6.8 Kokeessa käytetty viilumatto

Mitattavia ja tarkkailtavia virheitä viilumattoon tehtiin yhteensä 10 kpl/rivi/toisto. Reiät, oksat ja halkeamat tehtiin leveään 1300 x 2600 (50") viiluun kolmeen eri riviin. Rivit vastasivat yhtä toistoa eli yhdellä ajolla saatiin tehtyä kaikki kolme toistoa kerralla. (KUVIO 41.)

Viilumattoon tehdyt viat:

- A. Reikä 60 x 36 mm
- B. Reikä 16 x 16 mm
- C. Reikä 4 x 4 mm
- D. Kuollut oksa 60 x 36 mm
- E. Kuollut oksa 32 x 32 mm
- F. Kuollut oksa 8 x 8 mm
- G. Terve oksa
- H. Halkeama 2 x 200 mm
- I. Halkeama 5 x 200 mm
- J. Halkeama 10 x 200 mm



KUVIO 41. Viiluun tehtyjen ”virheiden” paikat

6.9 Vikojen tekeminen

Kuolleet oksat tehtiin mustalla tussilla. Reiät tehtiin erikokoisilla stansseilla. Terveet oksat tehtiin stanssaamalla reikä koeviilumattoon ja paikkaamalla se toisesta viilusta stanssatulla ehjällä oksalla. Viilumaton reunoja vahvistettiin ilmastointiteipillä toiselta puolelta. Tällä pyrittiin estämään viilun halkeaminen sitä liikuteltaessa. (KUVIOT 42 ja 43.)



KUVIO 42. Kokeessa käytetty viilumatto (virheet tehtiin kolmeen riviin)

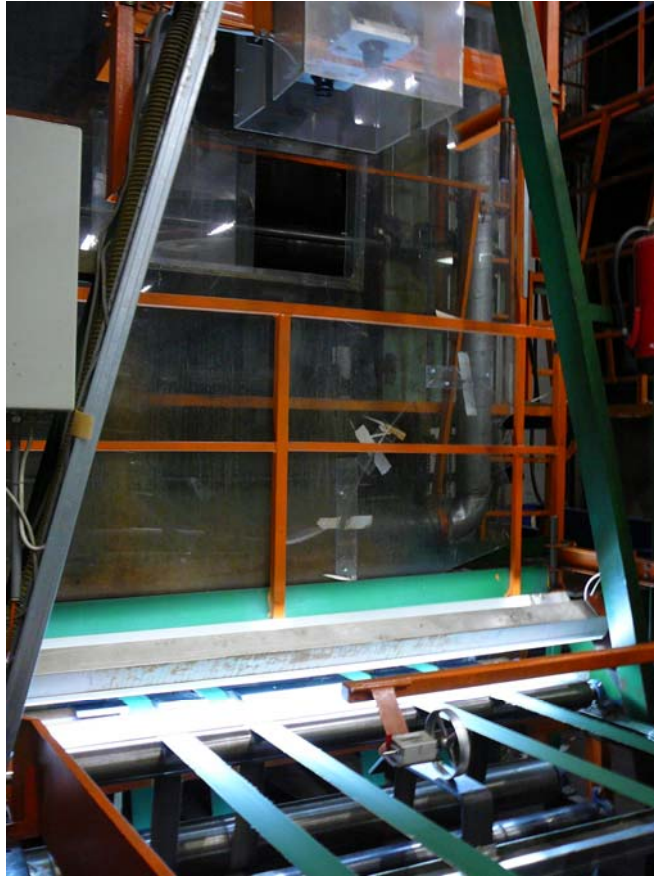


KUVIO 43. Itse tehdyt halkeamat teipattiin kuljetuksen ajaksi

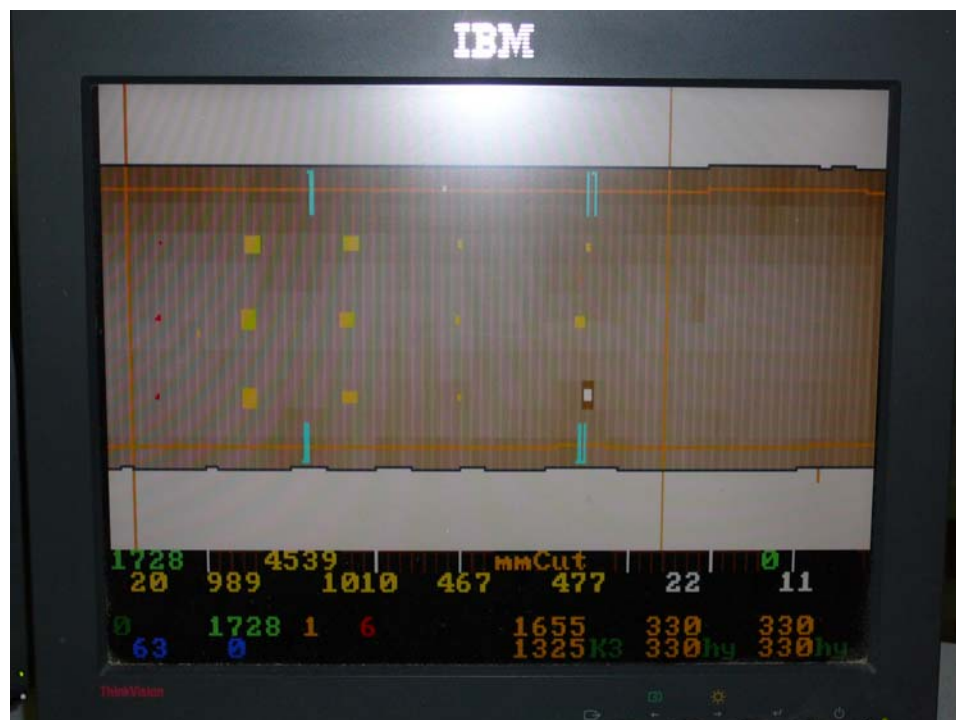
6.10 Kokeen suorittaminen

Kokeen aluksi koeviilumatto ajettiin verkkokuivaajan alimman tason läpi kameroiden luokse kuivaajan loppuosaan. Tällä menettelyllä vältettiin viilumaton mahdollinen hajoaminen. Ajoja tehdessä koeviilumatto ajettiin kameroiden alitse, minkä jälkeen se ”napattiin” kiinni, ettei se menisi leikkaajalle (KUVIO 44). Linja pidettiin käynnissä niin kauan, että konenäön havaitsemat virheet, laadut sekä viilumaton pituus rekisteröityivät ja tulivat näkyviin näytölle. Tämän jälkeen linja sammutettiin ja viilumatto vedettiin varovasti takaisin kuivaajan loppuosaan odottamaan seuraavaa ajoa.

Viilu ajettiin kaikkiaan 12 kertaa kameran alitse (12 ajoa). Jokaisen ajon jälkeen koneelta tarkistettiin ja kirjattiin ylös, minkä kokoisena konenäkö oli reiät, oksat ja halkeamat havainnut (KUVIO 45). Näitä vikoja verrattiin vikojen todellisiin kokoihin. Myös laadut ja viilumaton pituus kirjattiin ylös. Viat olivat kolmessa rivissä, joten yhdellä ajolla saatiin kolme toistoa samoille parametriasetuksille.



KUVIO 44. Viilu otettiin kiinni heti sen tultua kameroiden alitse



KUVIO 45. Näkymä tietokoneen näytöltä. Koneäön havaitsemat virheet näkyvät eri väreillä, joilla on oma merkityksensä

6.11 Viilumaton pituusmitan kalibrointi

Vaikka konenäkö laaduttaisikin oikein, niin lajitteluvirheitä voi aiheutua, mikäli viilumaton pituudenmittauksessa on heittoa. Sen seurauksena leikkuri leikkaa väärästä kohdasta. Mitä pidempi viilumatto on kyseessä, sitä suuremmin virheelinen leikkaus kertaantuu. Tästä syystä viilumaton pituusmittauksen kalibrointi on hyvä suorittaa määrä ajoin.

Pituudenmittaukselle suoritettussa kalibroinnissa apuna käytettiin aaltopahvia, jonka mitaksi lasermittauksessa oli saatu 19,62 m. Matto ajettiin viisi kertaa konenäkölaitteiston alitse, ja tuloksista tehtiin SPC-kortti. Pituuden minimi ja maksimi vaihteluväli oli 19 mm. Analysoitaessa tulokset, päätettiin, ettei pituusmittaukselle kannata tehdä muutoksia, koska kyseinen heilahtelu pysyi toleranssirajojen sisällä.

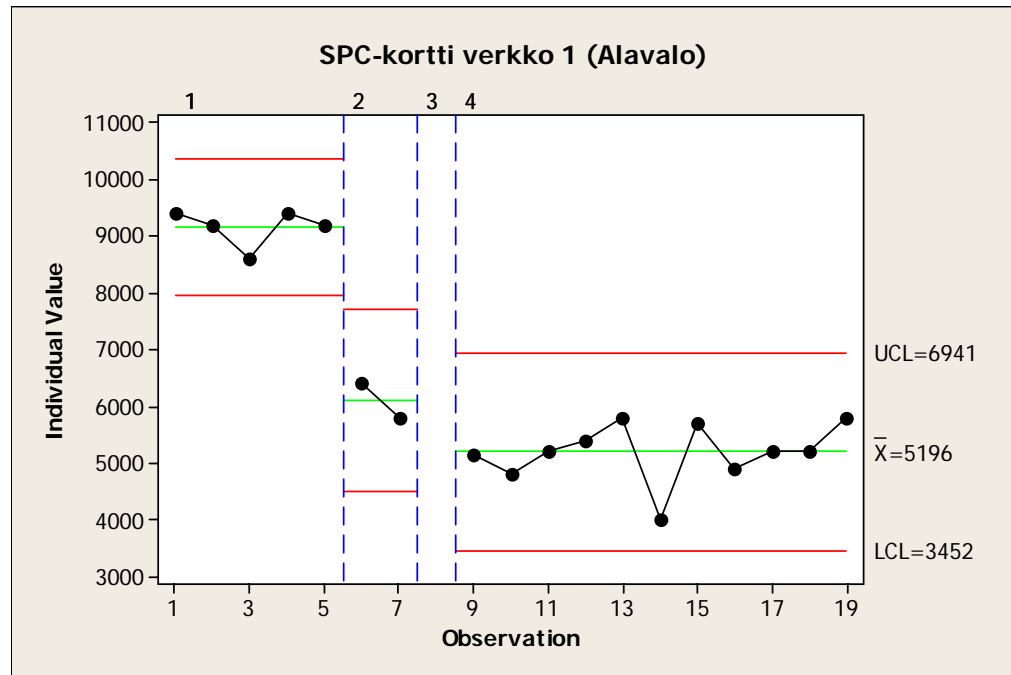
6.12 Vastepintakoe

Vastepintakokeen tarkoituksena on ”hienosäätää” viilun tunnistamiseen käytettävien valojen asetuksia. Testissä etsitään optimivalotaso, joka pitää sisällään ala- ja ylävalojen voimakkuuksien säätämistä. Kokeessa tutkitaan myös etu- ja takaylävalon vaikutusta lajittelun onnistuvuuteen. (KUVIO 46.)

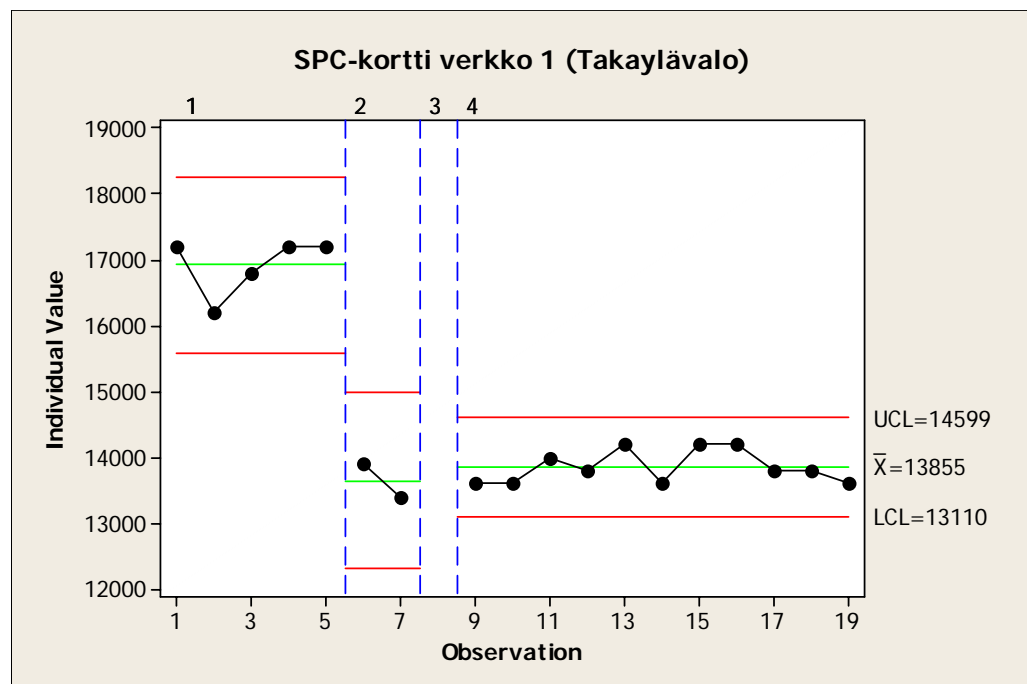


KUVIO 46. Oikea valotaso on tärkeä laadun oikeellisuuden kannalta

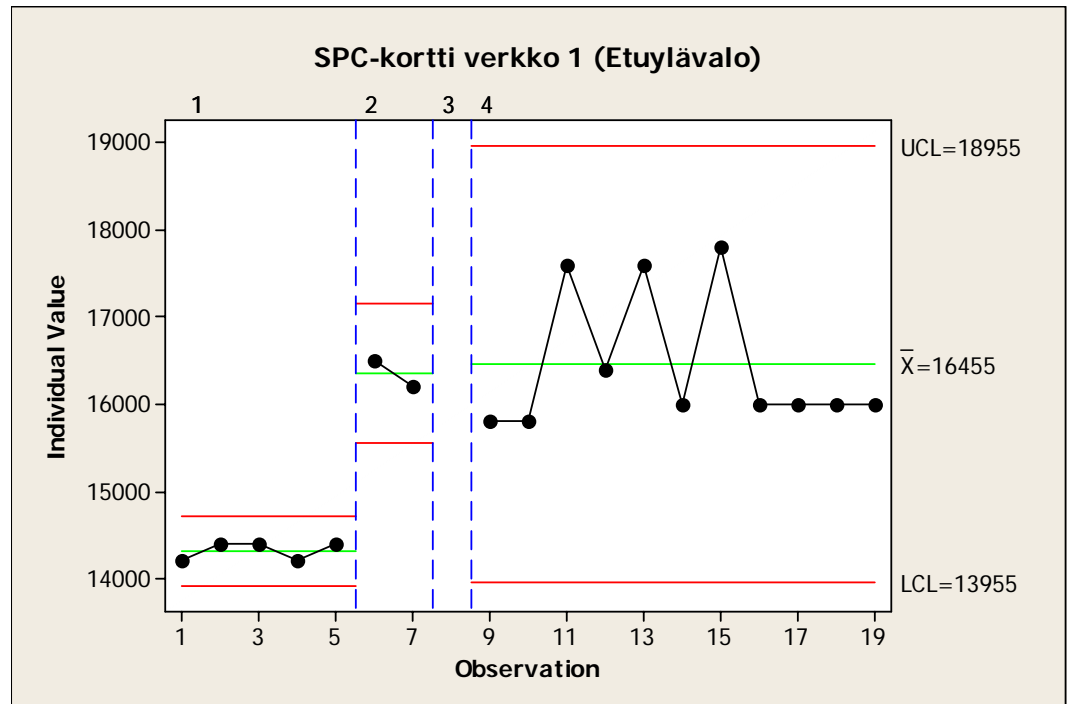
Vastepintakoe (Response Surface Method) ajetaan kahtena erillisenä lohkona. Ensimmäinen lohko pitää sisällään 8 ajoa, johon kuhunkin ajoon sisältyy kolme toistoa, á 100 kappaletta viiluja. Toinen lohko koostuu 12 ajosta (toistot ja viilumäärät ajoa kohti samat kuin ensimmäisessä lohkossa). Tulosten perusteella tehtiin alavalolle, takaylävalolle, etuylävalolle sekä valotasolle SPC-kortit, jotka on esitetty kuvioissa 47 - 50



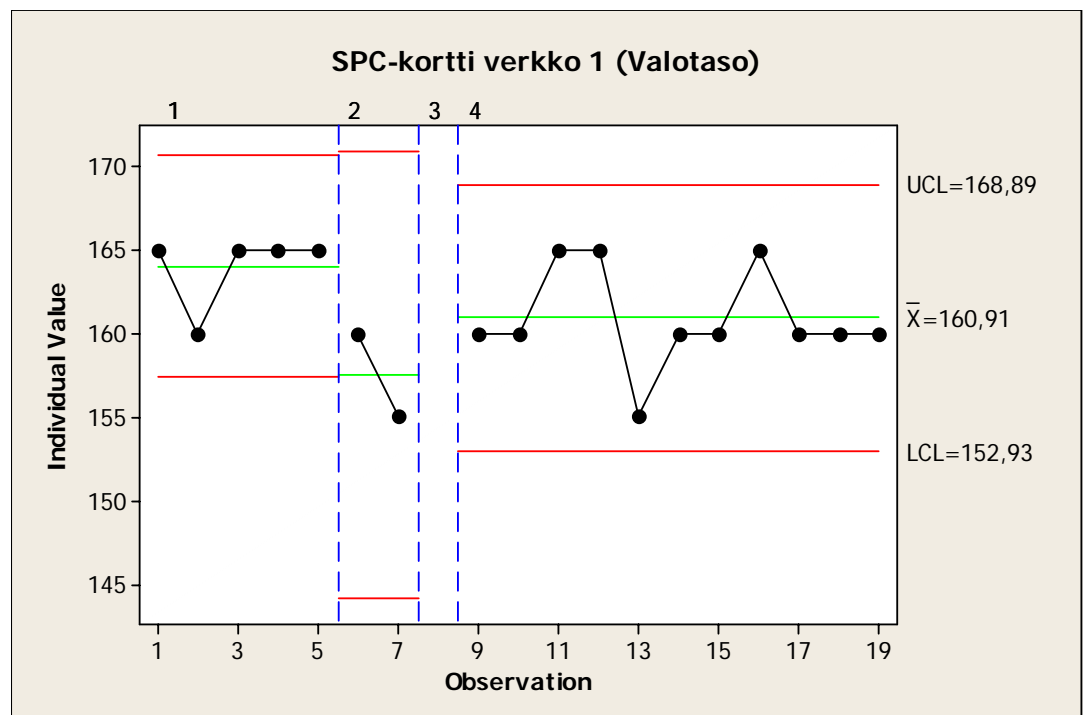
KUVIO 47. SPC-kortti alavalle



KUVIO 48. SPC-kortti takaylävalolle



KUVIO 49. SPC-kortti etüylävalolle



KUVIO 50. SPC-kortti valotasolle

6.13 Uusien parametrien käyttöönotto

L12 -kokeen jälkeen saadut tulokset analysoitiin. Kokeessa olleista kahdeksasta muuttujasta (parametrasta) etsittiin ne parametrit, joiden katsottiin eniten vaikuttavan lajitteluun. Analyysien perusteella eniten vaikutusta oli parametreilla 12 (oksan valokynnys 1), 37 (V-ero kuolleille oksille) ja 7 (reikien valokynnys 2).

Linjalle vaihdettiin lajittelukokeen perusteella paremmiksi havaitut parametrit ja niiden toimivuutta seurattiin päivätestein. Tulokset konenäkölajittelun oikeellisuuden muutoksista on esitetty kohdassa 7.

7 TULOKSET

Alla on esitetty kaavioina lajittelun päivittäisiä seurantatuloksia. Kantikkaiden viilujen ja leveiden (lajiteltavien) viilujen lajittelun oikeellisuuden tulokset ovat omissa kaavioissaan. Aluksi päivätesteissä seurattiin konenäkölajittelun oikeellisuutta kyseisen linjan alkuperäisillä parametreilla. 17.3.2007 vaihdettiin tutkittavalle linjalle toisella verkkokuivauslinjalla hyväksi todetut parametrit. 23.4.2007 vaihdettiin koetutkimuksessa saadut parametrit. Tuloksista on tarkemmat analyysit luvussa 9. Tulokset on saatu noin kuukauden mittaiselta seurantaväliltä. Otoksen koko kokonaisuudessaan seurantavälin ajalta on noin 4000 viilua.

Päivätesteissä käytetty viilujen laadun värimerkkaus järjestelmä ei aina toiminut täydellisesti. Esimerkiksi joihinkin viiluihin saattoi tulla kaksi eri väriä tai ei väriä ollenkaan. Tästä johtuen kaavioissa on esitetty laadun oikeellisuuden seurannan tulokset sekä huomioiden ilman väriä tai väärin värjäytyneet viilut että huomioimatta niitä.

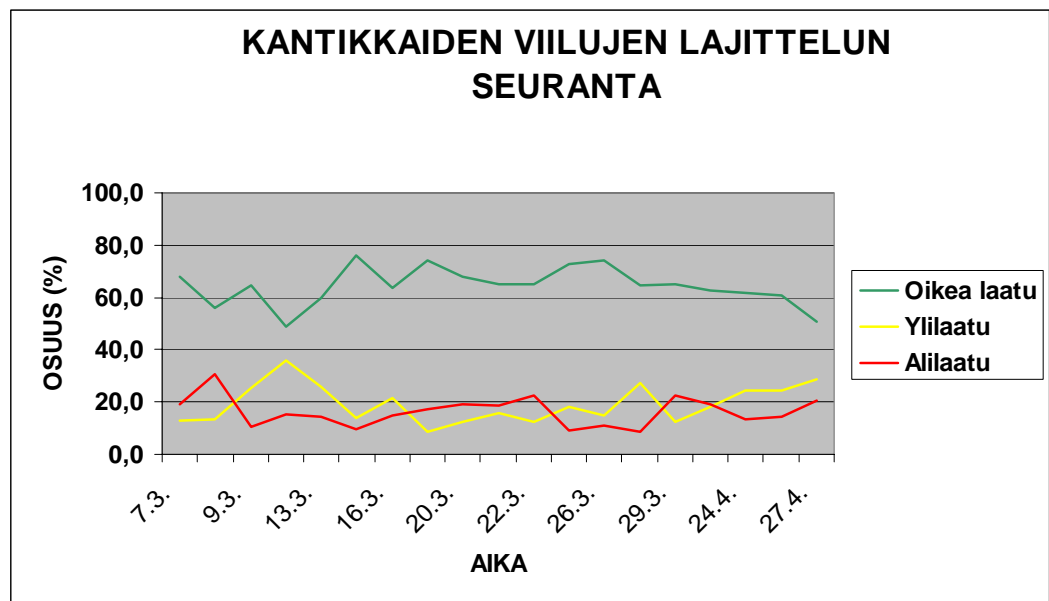
Kuvioissa 51, 53, 55 ja 57 esitetyissä kaavioissa ”oikea laatu” merkitsee, että viilu on saanut sekä konenäkölajittelussa että käsinlajittelussa saman laadun. ”Ylilaa-dulla” tarkoitetaan esimerkiksi, että K4-laadun joukkoon olisi tullut konenäkölajittelussa K3-laatua, joka on laadultaan K4-laatua parempaa. ”Alilaa-dulla” tarkoitetaan, jos K4-laadun joukkoon olisi tullut konenäkölajittelussa leikattava -laatua, joka on laadultaan K4-laatua huonompaa.

7.1 Kantikkaat viilulaadut

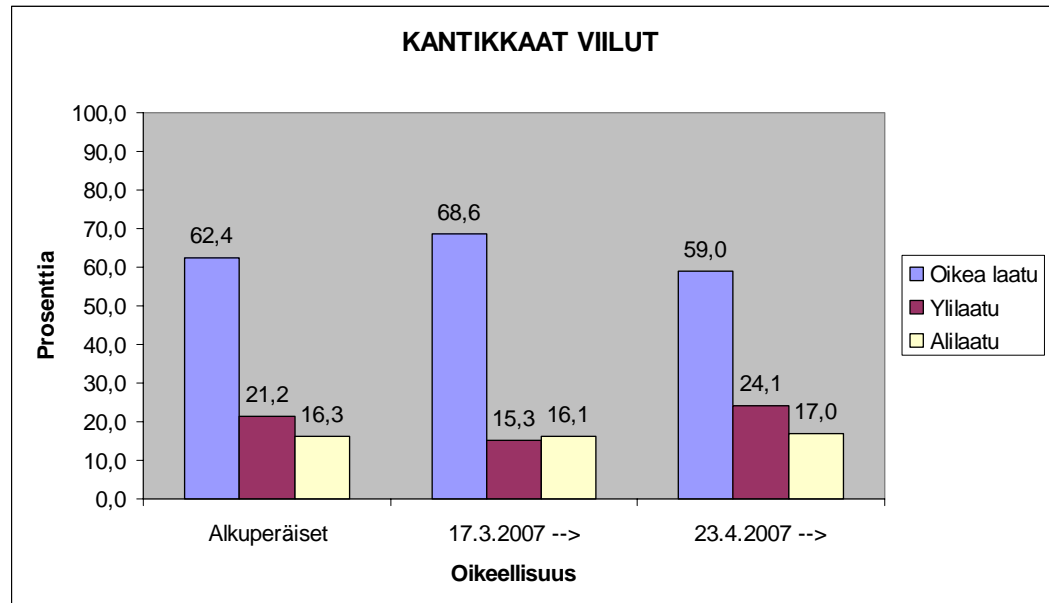
Kuviossa 51 on esitetty kantikkaiden laatujen lajittelun oikeellisuuden seuranta. Kuviossa 52 on esitetty kantikkaiden viilujen lajittelun oikeellisuuden keskiarvot eri parametreilla. Kuvioissa 51 ja 52 esitetyissä kaavioissa ei ole huomioitu väärin värjäytyneitä eikä ilman väriä olleita viiluja. Kuviossa 53 on sama asia kuin kuviossa 51, mutta siinä on lisäksi huomioitu myös väärin värjäytyneet sekä ilman väriä olleet viilut. Kuviossa 54 on sama asia kuin kuviossa 52, mutta siinä on lisäksi huomioitu väärin värjäytyneet sekä ilman väriä olleet.

Sen jälkeen, kun linjalle vaihdettiin 17.3.2007 parametrit, jotka oli havaittu paremmiksi toisella linjalla, parani lajittelun oikeellisuus noin kuudella prosenttiyksiköllä. Lajittelun oikeellisuus vakiintui myös 70 %:n tasolle. Toisaalta parametrivaihdon seurauksena lajittelun oikeellisuudessa on havaittavissa sinikäyrää joka merkitsee, että prosessi ei ole hallinnassa.

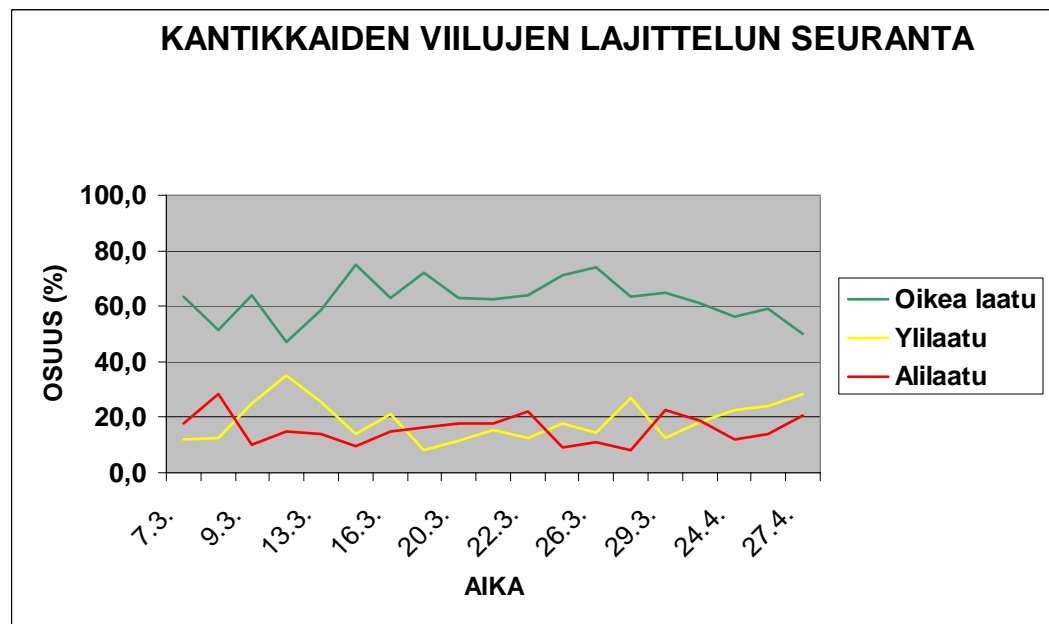
23.4.2007 vaihdettiin linjalle koeajoissa löydetty parametriarvot, joiden muuttamisella odotettiin olevan positiivista vaikutusta lajittelun oikeellisuuteen. Viikolla, jona seurattiin kyseisten parametrien vaikutusta, sorvattiin pohjapuuta. Tämän johdosta linjan ajonopeus oli hitaampi kuin normaalisti ja viilu laadultaan huonompaa (märkää). Uudet parametrit eivät tuottaneet oletettua tulosta, ja lajittelun oikeellisuusprosentti laski alle 60:n kantikkaiden viilujen osalta. Kuvioista 51 ja 53 on myös havaittavissa se, että lajittelun oikeellisuudessa ei tapahtunut normaalia vaihtelua (kohinaa). Lajittelun oikeellisuuden lasku suuntautuu suoraan alaspäin, joka merkitsee, että lajittelu ei ole hallinnassa.



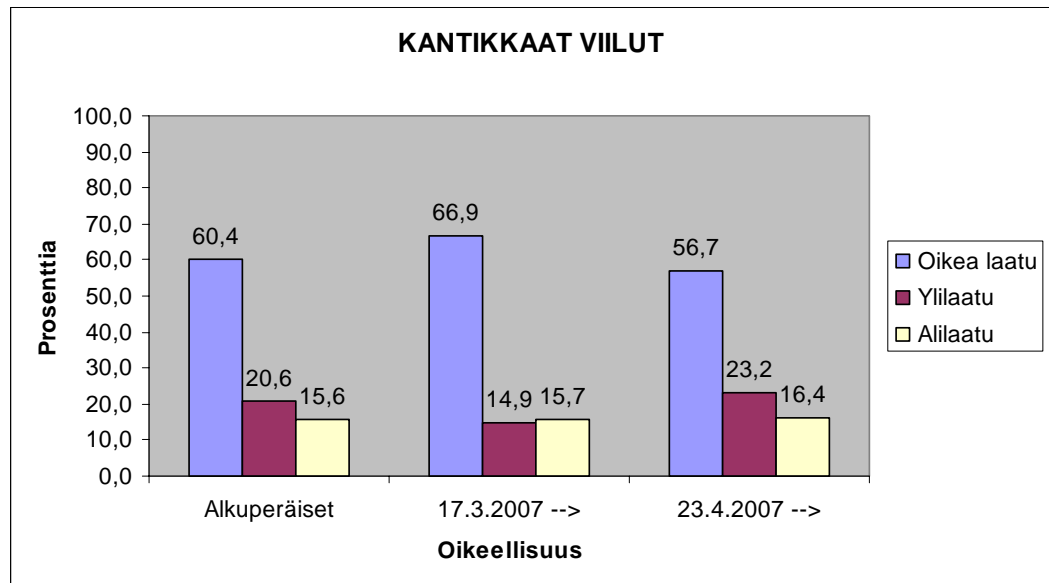
KUVIO 51. K2-, K3-, K4- ja leikattava-laatuojen päivittäinen seuranta-kaavio, jossa ei ole huomioitu väärin värjättyneitä ja ilman väriä olleita viiluja



KUVIO 52. K2-, K3-, K4- ja leikattava-laatuojen oikeellisuuden ka. eri parametreilla (kaaviossa ei ole huomioitu väärin värjäytyneitä ja ilman väriä olleita viiluja)



KUVIO 53. K2-, K3-, K4- ja leikattava-laatuojen päivittäinen seuranta-kaavio, jossa on huomioitu väärin värjäytyneet ja ilman väriä olleet viilut

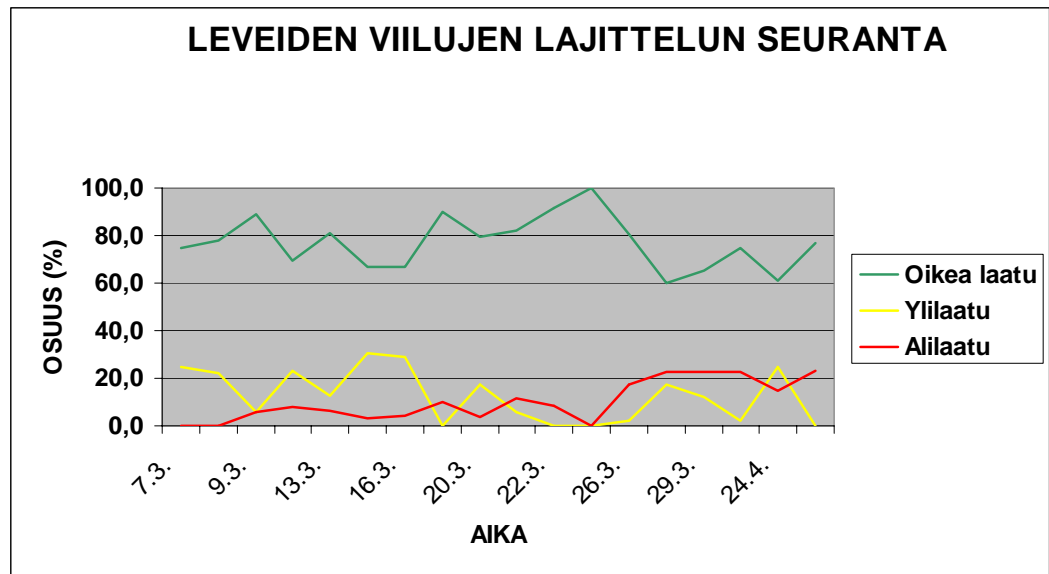


KUVIO 54. K2-, K3-, K4- ja leikattava-laatuojen oikeellisuuden ka. eri parametreilla (kaaviossa on huomioitu väärin värjäytyneet ja ilman väriä olleet viilut)

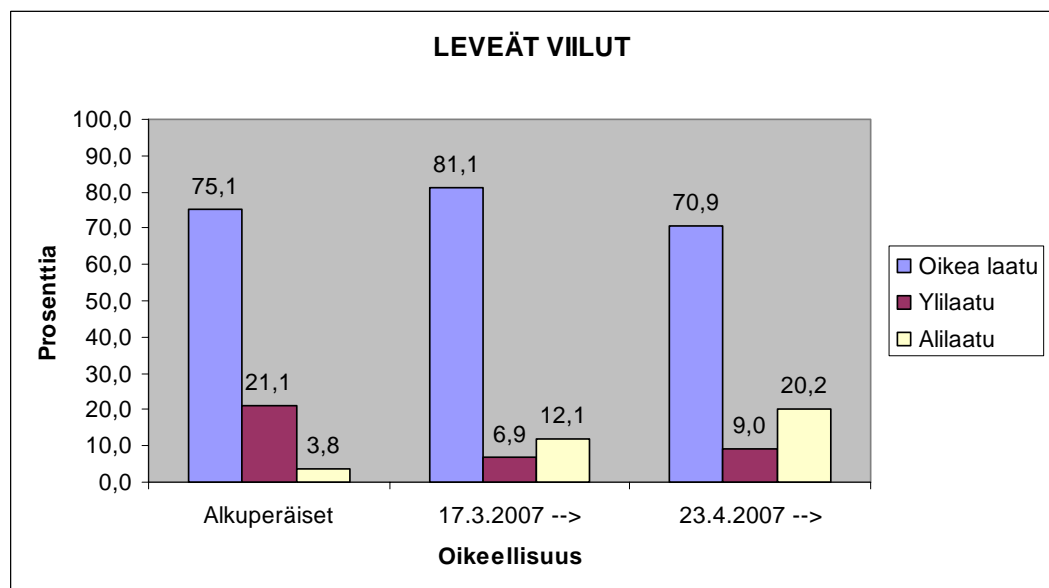
7.2 Leveät lajiteltavat viilut

Kuviossa 55 on esitetty leveiden (lajiteltavien) laatuojen lajittelun oikeellisuuden seuranta. Kuviossa 56 on esitetty leveiden (lajiteltavien) viilujen lajittelun oikeellisuuden keskiarvot eri parametreilla. Kuvioissa 55 ja 56 esitetyissä kaavioissa ei ole huomioitu väärin värjäytyneitä eikä ilman väriä olleita viiluja. Kuviossa 57 on sama asia kuin kuviossa 55, mutta siinä on lisäksi huomioitu myös väärin värjäytyneet sekä ilman väriä olleet viilut. Kuviossa 58 on sama asia kuin kuviossa 56, mutta siinä on lisäksi huomioitu väärin värjäytyneet sekä ilman väriä olleet.

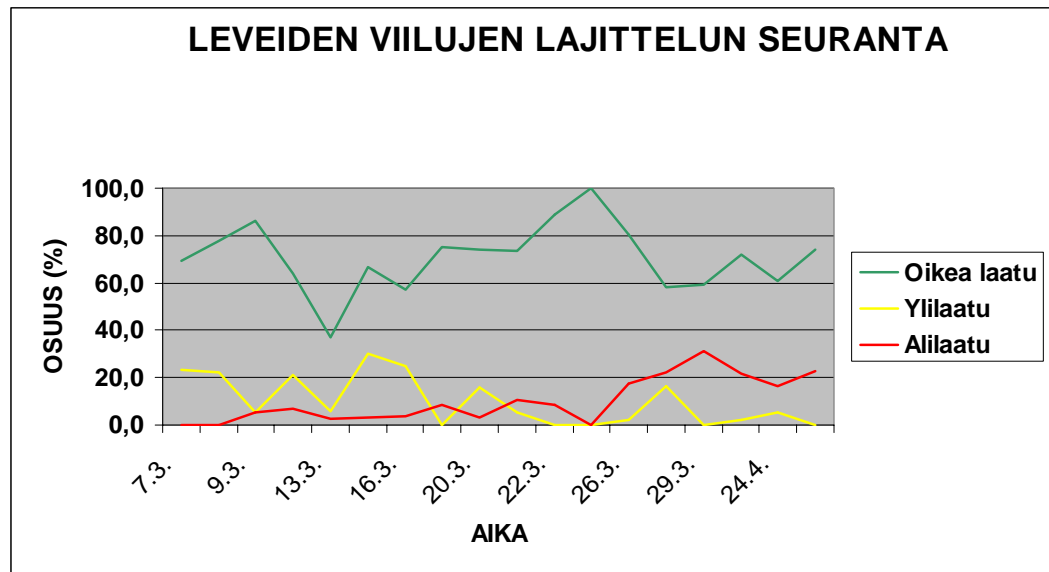
Sen jälkeen, kun linjalle vaihdettiin 17.3.2007 parametrit, jotka oli havaittu paremmiksi toisella linjalla, parani lajittelun oikeellisuus noin kahdeksalla prosenttiyksiköllä noin 80 %:n tuntumaan. 23.4.2007 muutettujen parametri asetusten jälkeen, lajittelun oikeellisuus leveiden (lajiteltavien) viilujen osalta tippui noin 70 %:n tuntumaan.



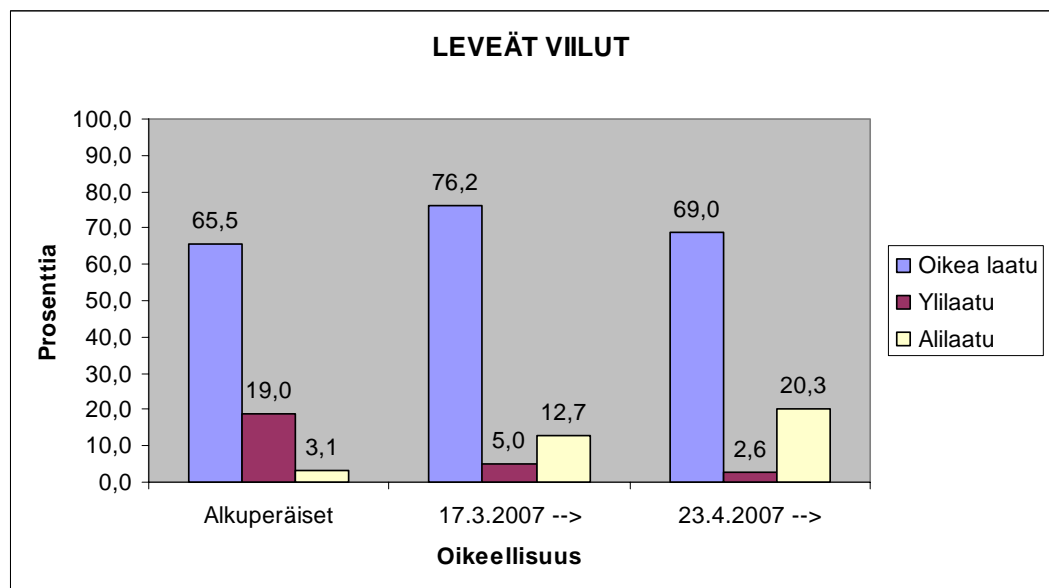
KUVIO 55. Leveiden (lajiteltavien) laatujen päivittäinen seuranta-kaavio, jossa ei ole huomioitu väärin värjättyneitä ja ilman väriä olleita viiluja



KUVIO 56. Leveiden (lajiteltavien) laatujen oikeellisuuden ka. eri parametreilla (kaaviossa ei ole huomioitu väärin värjättyneitä ja ilman väriä olleita viiluja)



KUVIO 57. Leveiden (lajiteltavien) laatujen päivittäinen seuranta-kaavio, jossa on huomioitu väärin värjäytyneet ja ilman väriä olleet viilut



KUVIO 58. Leveiden (lajiteltavien) laatujen oikeellisuuden ka. eri parametreilla (kaavioissa on huomioitu väärin värjäytyneet ja ilman väriä olleet viilut)

8 KUSTANNUSLASKELMAT

8.1 Verkkokuivauslinjan lajittelun taloudellisuus

Koska raaka-ainetta on saatavilla rajallisesti, niin tulisi kaikki raaka-aine pystyä käyttämään mahdollisimman hyvin hyödyksi. Leikkaus-lajittelupisteen kohdalla se tarkoittaa sitä, että konenäön tulisi toimia parhaalla mahdollisella tasolla. Parhaat pintaviilut lajitellaan aina käsin, joten lajittelijoiden työaika pysyy samana. Konenäön tarkkuuden ei täten tarvitse olla sillä tasolla, että käsinlajittelijoiden työvaihe voitaisiin kokonaan poistaa. Taloudellinen hyöty on siis saatava siitä, että paras pintaviilu saadaan tarkoin käyttöön, mekaaniset ongelmat vähenevät/poistuvat.

Mekaanisten ongelmien poistuessa myös konenäkölajittelu tarkentuu. Mekaanisten ongelmien poistuessa linja pystyy pyörimään katkoitta, jolloin saadaan enemmän viilua ajettua päivän aikana. Mekaanisten ongelmien poistuessa myös hakkeeksi menevän hyvän viilun määrä laskee.

8.2 Mekaanisten ongelmien vaikutus

Jos yleisimmät häiriöt eli ruuhka pleksillä tai terän jälkeen tapahtuu vaikka kerran / 1 h ja kestää kerralla noin 3 minuuttia, niin työvuoron aikana linja seisoo $8 \times 3 \text{ min} = 24 \text{ min}$ häiriöiden takia. Työaikamuoto on 35, joten viikossa häiriöaikoihin kuluu $15 \times 24 \text{ min} = 360 \text{ min}$. Vuositasolla se merkitsee $4 \times 11 \times 360 \text{ min} = 15840 \text{ min} = 264 \text{ h}$ (laskussa ei huomioitu huoltopäivää, joka on joka toinen keskiviikko ja kestää noin 8 h).

Yleensä linjan nopeus on n. 45 m/min. Viilumaton keskipituuden ollessa noin 20 m ja otetaan huomioon viilumattojen välissä oleva tyhjä matka, niin lajittelulinjan ohi kulkee noin 2 mattoa minuutissa eli $2 \times 20 \text{ m} = 40 \text{ m/min}$. Näin ollen häiriöaika vähentää (teoriassa) viilun saantoa vuositasolla $15840 \text{ min} \times 40 \text{ m/min} = 633\,600 \text{ m}$.

8.3 Konenäön oikeellisuuden vaikutus

UPM Heinolan-vaneritehtaan leikkauksen vuororaporttien mukaan viilua ajetaan noin nettona 800 000 jm kalenterikuukaudessa. Alkutilanteessa lajittelun oikeellisuus oli noin 60 % eli kuukauden aikana oikein laadutettiin $0,60 \times 700000 \text{ jm} = 420000 \text{ jm}$. Kokeiden jälkeen lajittelun oikeellisuus oli noin 68 % eli kuukauden aikana oikein laadutettiin $0,68 \times 700000 \text{ jm} = 476000 \text{ jm}$. Tämä tarkoittaa sitä, että kokeen tuomien muutosten ansiosta kuukaudessa oikein lajitellaan $476000 \text{ jm} - 420000 \text{ jm} = 56000 \text{ jm}$ enemmän.

9 TULOSTEN ANALYSOINTI JA KORJAUSEHDOTUKSET

9.1 Mekaaniset ongelmat

Mekaaniset ongelmat johtuvat usein viilun jäämisestä jumiin rakoihin, hihnojen väliin tai kohollaan oleviin kohtiin. Jumittunut viilu alkaa kerääntyä kasaan ja kerää ruuhkan. Tämän seurauksena linja joudutaan pysäyttämään ja tilanne korjaamaan käsin. Mekaaniset häiriötilanteet aiheuttavat vääristymää myös konenäkölajitteluun. Ruuhkatilanteet maton jäädessä jumiin, kuten myös hihnojen irtoaminen, johtuvat usein koppuraisesta viilusta tai vinossa asennossa kuivaajasta ulostulevasta viilun kaikaleesta.

Häiriötilanteisiin voisi olla avuksi imupöytä, jolloin viilumatto ei ”repsottaisi” niin pahasti ja tästä syystä osu linjalla oleviin rakoihin tai ulokkeisiin. Automaattinen linjan pysäytys hyödyntäen antureita estäisi myös viilumaton kasaantumisen pidemmältä matkalta. Toisaalta suurin osa leikkaus- ja lajittelulinjalla tapahtuvista häiriötilanteista juontuu viilumaton huonosta kunnosta. Tämän vuoksi tulisi kiinnittää huomiota viilun hyvään sorvaukseen sekä oikeanlaiseen kuivausprosessiin. Sorvaus ja kuivaus prosessien ollessa laadukkaasti suoritettu, vähenee samalla ongelmatilanteet leikkaus- ja lajittelulinjalla ilman, että sinne tehdään muutoksia tai uusia investointeja.

9.2 Konenäön oikeellisuus

Vaihdettaessa linjalle toisella verkkokuivauslinjalla paremmiksi havaitut parametrit asetukset tapahtui lajittelun oikeellisuudessa selvä nousu. Tämä tukee tietoa, että linjat ovat melko identtiset keskenään. Koetutkimuksen jälkeen vaihdettujen parametriasetusten jälkeen lajittelun oikeellisuus laski jopa alle sen oikeellisuusprosentin, kun käytössä oli alkuperäiset asetukset. Tähän voi olla syynä se, että kokeen jälkeen vaihdettujen parametriasetusten toiminnan seuranta-aikana sorvattiin pohjapuuta. Myös seuranta-aika jäi lyhyeksi kiireellisen aikataulun vuoksi. Tästä johtuen tulokset eivät ole täysin verrattavissa keskenään. Toisaalta muutos

huonompaan on niin merkittävä, että voidaan katsoa syyn olevan parametriasetuksissa. Jatkossa seurannan tulisi olla myös pidempiaikaista, jolloin saataisiin luotettavimmat tulokset. Tutkimusmenetelmä on kuitenkin mielestäni hyvä ja se kehittyy jatkuvasti.

Konenäön oikeellisuuteen oikeiden parametrien lisäksi voi vaikuttaa

- imupöydän käyttö
- kameran fokuksinnin luotettavuus
- valon ”säteily” laajalle alueelle, riittävä/yhtenäinen intensiteetti
- valaistus heikkenee etääntyessä valon lähteestä → riittävä kontrasti
- oikea valotaso
- valon riittävä ”kovuus” varjojen ym. tarkkaan näkemiseen
- automaattinen linjan pysäytys (anturit)
- valojen puhdistus päivittäin
- hitaammassa vauhdissa tarkempi kuvaus
- konenäkö voi toimia oikein, mutta leikkuri leikkaa väärää → mitan kalibrointi

9.2.1 Lajittelun oikeellisuuden kehitys kantikkaissa -laaduissa

Konenäön oikeellisuudessa tapahtui selvä parannus sen jälkeen, kun tutkitulle linjalle vaihdettiin toisella verkkokuivauslinjalla paremmiksi havaitut parametriasetukset. Kyseisten parametrien ollessa käytössä, konenäkölajittelun oikeellisuus kohosi kantikkaiden laatujen osalta jo yli 67 %:n, sen ollessa alussa noin 60 %. Kantikkaiden viilujen kohdalla alkoi syntyä seurannassa kuitenkin sinikäyrää joka kertoo, että lajittelu ei olisi täysin hallinnassa. Kuvioista 52 ja 54 on havaittavissa myös se, että osuus jonka verran lajittelun oikeellisuus on kantikkaiden viilujen osalta parantunut, on vähentynyt ylilaadutuksesta. Toivottavampaa olisi, että alilaatu saataisiin poistettua.

Koetutkimuksen jälkeen vaihdetut parametriasetukset eivät toimineet odotetulla tavalla. Syynä voi olla se, että niiden vaikutusta ei ehditty seurata riittävän pitkään, jotta tulos olisi luotettava. Koetutkimuksessa löydettyjen parametriasetusten seuranta aikana sorvattiin myös pohjapuuta, joka on laadultaan huonompaa (märempää). Tämä voi vaikuttaa konenäön oikein havaitsemiseen. Hyvänä asiana voidaan todeta, että alilaadun määrä ei kantikkaiden viilujen osalta kuitenkaan kasvanut merkittävästi. Oikean laadun vähenemisen johdosta ylilaadun määrä kasvoi huomattavasti.

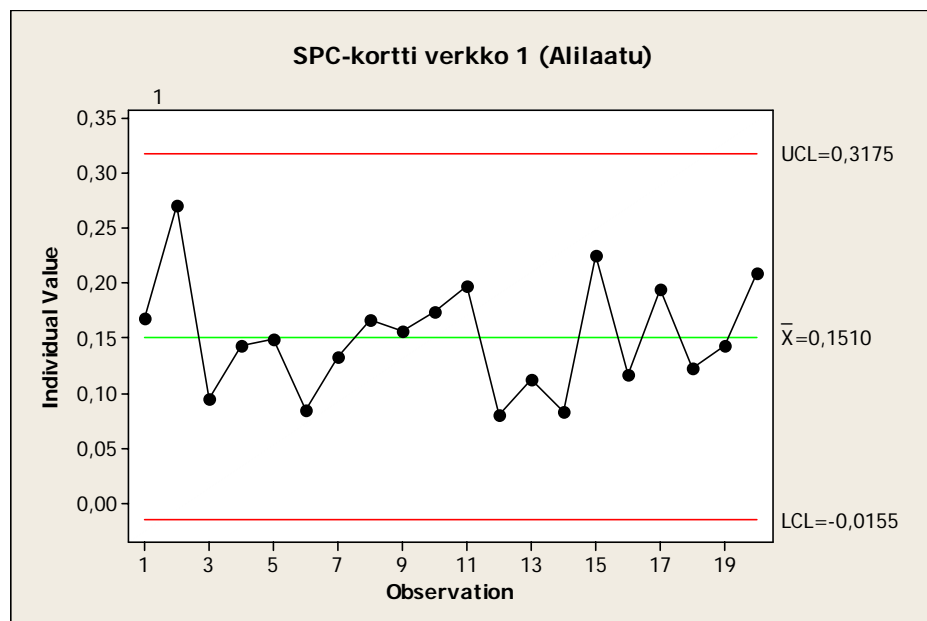
9.2.2 Lajittelun oikeellisuuden kehitys leveissä lajiteltavissa -laaduissa

Leveiden (lajiteltavien) laatujen osalta lajittelun oikeellisuusprosentti kohosi 80:n tuntumaan sen jälkeen, kun tutkitulle linjalle oli vaihdettu toisella linjalla paremmiksi havaitut parametriasetukset. Leveiden viilujen kohdalla ei sinikäyrän muodostumista ollut havaittavissa. Leveiden (lajiteltavien) laatujen kohdalla muutos korkeampaan lajittelun oikeellisuusprosenttiin oli suurempi, kuin kantikkaiden laatujen. Huomioitavaa on, että myös leveiden -laatujen kohdalla muutos parempaan oikeellisuuteen tapahtui ylilaadun vähenemisen johdosta. Huomiota herättää myös alilaadun osuuden nousu, jota ei tapahtunut kantikkaiden viilulaatujen kohdalla.

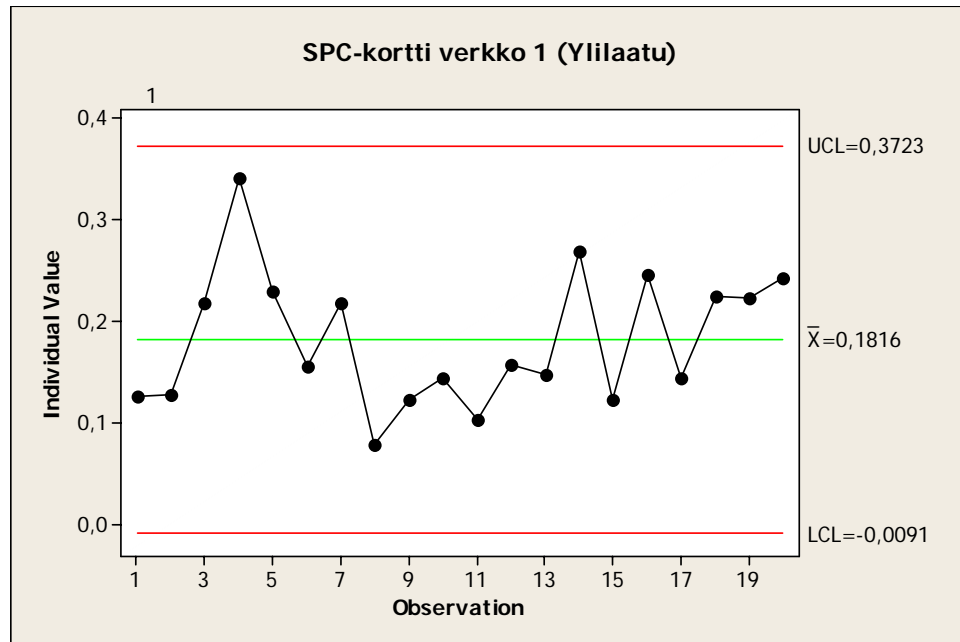
Kuvioiden 56 ja 58 kaavioista huomataan, että koetutkimuksen jälkeen vaihdettujen parametriasetusten jälkeen lajittelun oikeellisuusprosentti tippui suunnilleen samalle tasolle kuin se oli alkutilanteessa. Tilanne on kuitenkin huonompi kuin alkutilanteessa, sillä alilaadun määrä kasvoi huomattavasti.

9.3 Jatko-ohjelma

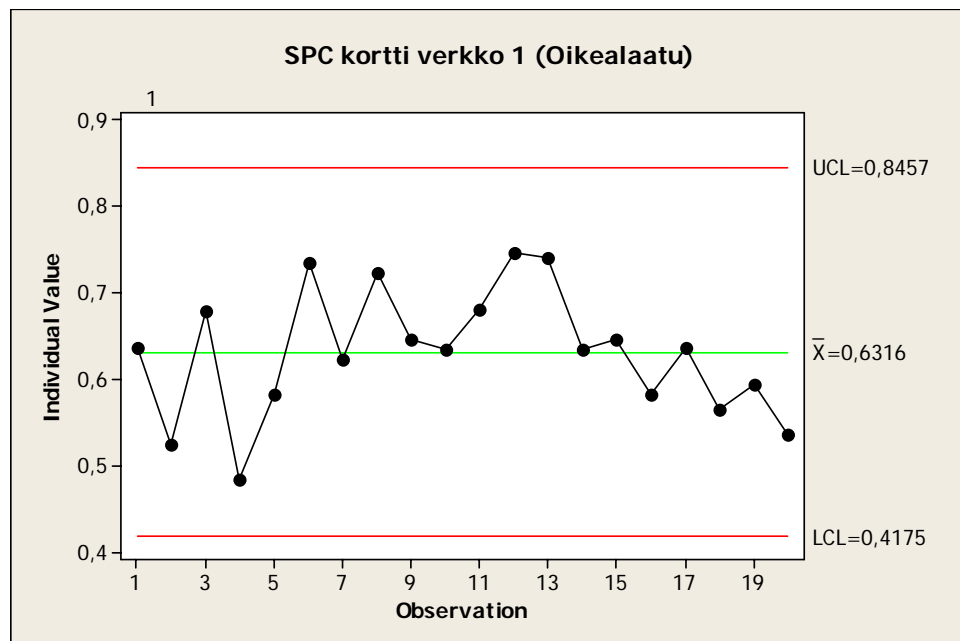
Verkkokuivauslinjan leikkaus- ja lajittelu pisteen kehitysprojekti jatkuu edelleen. Jatkossa järjestetään vielä tarkempia kokeita, jotka perustuvat myös Taguchi-menetelmään. Valotasoja seurataan jatkossa päivittäin. Lajittelun oikeellisuutta seurataan jatkossa tiiviimmin. Opinnäytetyön lyhyen ja rajallisen tekoajan vuoksi, ei tiiviiseen seurantaan ollut mahdollisuuksia, joka on tärkeää luotettavan informaation saamiseksi. Jatkossa tulisi tutkia myös se, että minkä laatuojen kohdalla konenäkö suorittaa eniten väärin laaduttamista. Lajittelun seuranta varten tehtiin SPC-kortit ali- ja ylilaadulle sekä oikealle laadulle. Lajittelun päivätesteistä saaduista tuloksista tehty SPC-kortit on esitetty kuvioissa 59 - 61.



KUVIO 59. SPC-kortti alilaadulle



KUVIO 60. SPC-kortti ylilaadulle



KUVIO 61. SPC-kortti oikealle laadulle

10 YHTEENVETO

Tutkimuksessa selvitettiin verkkokuivauslinjan lajittelun oikeellisuutta. Tutkimuksen toisena kohteena oli leikkaus-lajittelulinjalla tapahtuvien ongelmatilanteiden kartoitus. Pyrin selvittämään ongelmatilanteen aiheuttajan ja vaikutuksen tuotantoon. Yleisesti ottaen tutkimuksen tavoite oli parantaa verkkokuivauslinjan lajittelun kulkua ja oikeellisuutta.

Lajittelun oikeellisuutta selvitettiin alussa laatukohtaisesti koekuormien avulla. Pidempiaikainen seuranta lajittelun oikeellisuuden kehittymisestä suoritettiin päivätesteillä. Linjan tuotantoon ja konenäkölajitteluun vaikuttavat mekaaniset virheet kartoitettiin kyselylomakkeella ja seurantatutkimusmenetelmällä.

Koetutkimuksessa käytettiin teollisen koesuunnittelun Taguchi-menetelmää. Suoritetun kokeen tulokset analysoitiin ja etsittiin ne parametrit, joiden osuudella lajittelun oikeellisuuteen katsottiin olevan suurin merkitys.

Verkkokuivauslinjan lajittelun oikeellisuus oli tutkimuksen lähtötilanteessa kantikkaiden viilujen (laadut K2, K3, K4, leikattava) kohdalla noin 60 % ja leveiden laatujen (lajiteltava, paikattava) osalta noin 70 %. Tutkimuksen aikana ja tehtyjen parametrimuutosten avulla lajittelun oikeellisuus on noussut sekä kantikkaiden että leveiden laatujen kohdalla noin 8 prosenttiyksikköä.

Vaikka verkkokuivauslinjan lajittelun oikeellisuus on parantunut, ei lajittelun oikeellisuus ole vielä noussut halutulle tasolle. Myös mekaaniset ongelmakohdat vaativat jatkossa muutoksia, sillä niille ei tutkimuksen aikana tehty mitään. Linjan lajittelun oikeellisuuden seuranta jatkuu edelleen ja uusia sekä tarkempia kokeita tullaan tekemään.

Mielestäni opinnäytetyö onnistui kohtuullisen hyvin ottaen huomioon suhteellisen lyhyen aikavälin, jossa sen tuli valmistua sekä kiireellisen aikataulun. UPM-Kymmene Wood Oy:n Heinolan-vaneritehtaan tarjoama opinnäytetyö oli minulle mieluista ja haastava, koska omasin vähäisen käytännön kokemuksen viilun/vanerin valmistuksesta. Myös tutustuminen harjoittelun aikana tehtaan henki-

lökuntaan sekä verkkokuivauslinjaan helpotti osaltaan työn aloittamista. Aluksi oli hankalaa lähteä etenemään työssä, koska kokonaiskuva tutkimuksesta oli hatarra sekä koetutkimusmenetelmä tuntematon. Myös jäljellä olleet kurssit koulussa haittasivat täydellistä paneutumista työhön. Opinnäytetyön aikana minulle tuli laajahko tietämys viilun valmistuksesta ja siitä kuinka sen onnistuminen vaikuttaa vanerin lopulliseen laatuun. Myös tutustuminen teolliseen koesuunnitteluun ja Taguchi-menetelmään oli mielenkiintoista. Luulen, että asioista, joihin perehdyin opinnäytetyössäni, on minulle hyötyä tulevaisuudessa.

LÄHTEET

Karjalainen, E. 1990. Tuotteen ja prosessin optimointi koesuunnittelulla, Taguchi-menetelmä. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Karjalainen, E. 1992. Teollinen koesuunnittelu. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Koponen, H. 2002. Puulevytuotanto. 3. Uudistettu painos. Helsinki: Edita Oy

UPM-Kymmene Wood Oy:n laatukäsikirja