

**TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
Paperitekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

Joni Kopra

## **Aaltopahvin jalostuskoneen painoyksiköiden uusinnan vaikutus painojälkeen ja tuotantotehokkuuteen**

Työn ohjaaja  
Työn teettäjä

Päivi Viitaharju  
Peterson Packaging Oy, ohjaajana Teemu Salo

Työn tekijä: Joni Kopra

Työn nimi: Aaltopahvin jalostuskoneen painoyksiköiden uusinnan vaikutus painojälkeen ja tuotantotehokkuuteen

Päivämäärä: 8.10.2006

Sivumäärä: 55 + 8

Työn teettäjä: Peterson Packaging Oy, valvojana Teemu Salo

Työn ohjaaja: Päivi Viitaharju

Opinnäytetyössä selvitettiin Valkeakoskella sijaitsevan Peterson Packaging Oy:n aaltopahvitehtaan jalostuskoneeseen tekemän investoinnin vaikutuksia painojälkeen ja tuotantotehokkuuteen.

Investoinnissa perinteinen nostotelavärisiirtojärjestelmä korvattiin nykyaikaisella kammiokaavarijärjestelmällä. Toimenpiteellä tavoiteltiin säästöjä vaihtoajoissa ja värinkulutuksessa. Lisäksi investoinnin tavoitteena oli parantaa painatuslaatua. Värisiirtojärjestelmän lisäksi investoinnissa korvattiin vetorissakuljetin imuilmakuljettimella.

Tuotantotehokkuutta tutkittiin vaihtoaikojen, värinkulutuksen ja pesuissa tulleen hukkavärin määrän suhteen. Investoinnin vaikutuksia painojälkeen tutkittiin visuaalisesti sekä mittaamalla koeajoarkeista osavärien densiteetit ja paino-ominaisuuskäyrät densitometrillä.

Työssä käydään myös lävitse yleisesti aaltopahvin painatusta ja kyseistä investointiprojektia sekä sen painovärille asettamia vaatimuksia.

Visuaalisessa vertailussa kävi selvästi ilmi yksityiskohtien toiston parantuminen, mutta toisaalta myös peittokyvyn heikentyminen. Densitometriset mittaukset tukivat visuaalisia havaintoja. Tuotantotehokkuuden kannalta myönteiseen suuntaan kehittyivät värinkulutus ja hukkavärin määrä. Vaihtoajat puolestaan kasvoivat vastoin odotuksia.

Saatujen tulosten perusteella on pystytty kartoittamaan sitä, kuinka vaativiin painotöihin nykyinen järjestelmä kykenee. Lisäksi on pystytty kartoittamaan jatkokehityskohteita niin tuotantotehokkuuden kuin painatuslaadunkin kannalta.

Avainsanat: flexopainatus, aaltopahvi, kammiokaavari, painatuslaatu

Author: Joni Kopra  
Title: The effect of replacement of the printing units on print quality and effectiveness in the converting machine of the corrugated board  
Date: 8.10.2006 Pages: 55 + 8 appendices  
Instructor: Teemu Salo  
Supervisor: Päivi Viitaharju

The thesis was made for Peterson Packaging Oy. The aim of the work was to study the effects of the investment for converting machine of corrugated board.

In the investment conventional inking roll system was replaced with modern chambered doctor blade system. The target of the investment was the savings on change over times and on the consumption of ink. Another task was improved print quality. In the investment also the transfer rollers conveyor were replaced with vacuum conveyor.

Effectiveness of production was studied with change over times, ink consumptions. Investments effects on printing quality were studied visually and by measuring colour density and characteristic printing curve from test sheets with densitometer.

Corrugated board printing and the investment project and its demands for ink are also studied in the work.

According visual comparison details reproduction improved but on the other hand coverage weakened. The densitometer measurements confirmed observations made visually. The ink consumption and waste ink amount developed positively. Against expectations change over times increased.

Development targets and the capacity of the new system were clarified in the work.

Keywords: flexo printing, corrugated board, chambered doctor plate, print quality

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO .....	4
1 JOHDANTO .....	6
1.1 Työn tausta .....	6
1.2 Työn tavoite ja rajaus .....	8
2 YRITYKSEN JA INVESTOINTIKOHTTEEN YLEISKUVAUS .....	9
2.1 Peterson Packaging Oy .....	9
2.2 Aaltopahvitehdas .....	9
2.3 Flekso-Bobst 2000 .....	10
2.3.1 Yleistä .....	10
2.3.2 Painatusosa .....	10
2.3.3. Stanssausosa .....	11
2.3.3.1 Yleistä .....	11
2.3.3.2 Syöttö .....	11
2.3.3.3 Stanssaus .....	12
2.3.3.4 Revintä .....	13
2.3.3.5 Vastaanotto .....	13
2.3.4 Lavaaja .....	13
3 INVESTOINNIN YLEISKUVAUS .....	14
3.1 Taustat .....	14
3.2 Tavoitteet .....	14
3.2.1 Painatuslaatu .....	14
3.2.2 Tuotantotehokkuus .....	15
4 AALTOPAHVIN FLEKSOPAINATUS .....	15
4.1 Yleistä .....	15
4.2 Värinsiirtomenetelmät .....	16
4.2.1 Nostotela .....	16
4.2.2 Duktoritela .....	17
4.2.3 Kammiokaavari .....	17
4.2.4 Investoinnissa tehdyt muutokset värinsiirtomenetelmälle .....	18
4.3 Värinsiirtolaitteisto .....	18
4.3.1 Yleistä .....	18
4.3.2 Nostotelajärjestelmän laitteisto .....	19
4.3.3 Duktoritelajärjestelmän laitteisto .....	19
4.3.4 Kammiokaavarijärjestelmän laitteisto .....	20
4.3.5 Investoinnissa värinsiirtolaitteistolle tehdyt muutokset .....	22
4.4 Rasteritela .....	22
4.4.1 Yleistä .....	22
4.4.2 Investoinnissa rasteriteloihin tehdyt muutokset .....	24
4.5 Painolaatat .....	24
4.5.1 Yleistä .....	24
4.5.2 Investoinnin johdosta painolaattoihin tehdyt muutokset .....	25
4.6 Painoväri .....	26
4.6.1 Yleistä .....	26
4.6.2 Pigmentti .....	26
4.6.3 Sideaine .....	27
4.6.4 Liuotin .....	27
4.6.5 Lisäaineet .....	28
4.6.6 Painoväriin viskositeetti .....	28

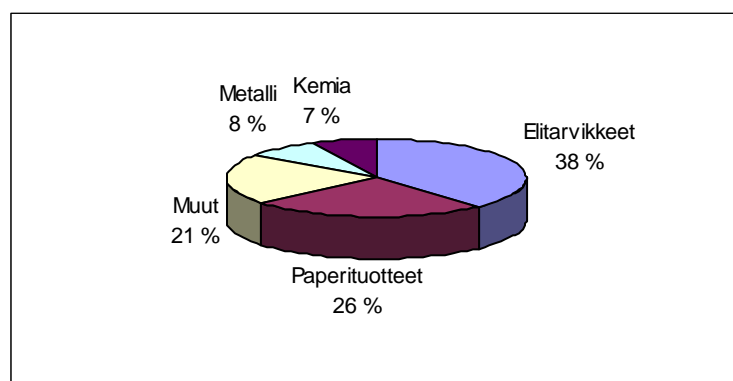
4.6.7 Investoinnin johdosta painoväriin tehdyt muutokset.....	28
4.7 Arkin kuljetus painatusosan läpi .....	30
4.7.1 Yleistä.....	30
4.7.2 Vetorissakuljetus .....	30
4.7.3 Imuilmakuljetus .....	31
4.7.4 Investoinnissa arkin kuljetukseen tehdyt muutokset .....	32
5 MITTAUSTEN SUORITUS JA MITATTAVAT SUUREET .....	33
5.1 Painatuslaatua kuvaavat mittaukset.....	33
5.1.1 Koeajot ja mittausapuvälineet .....	33
5.1.2 Densiteetti.....	35
5.1.3 Painatuksen ominaiskuvaaja.....	36
5.1.4 Visuaalinen paremmuusvertailu .....	36
5.2 Tuotantotehokkuutta kuvaavat mittaukset.....	37
5.2.1 Vaihtoajat .....	37
5.2.2 Hukkaväriin määrä.....	37
5.2.3 Väriin kulutus .....	38
6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELO .....	38
6.1 Painatuslaatu.....	38
6.1.1 Densiteetti.....	38
6.1.1.1 Nostotela.....	39
6.1.1.2 Kammiokaavari .....	40
6.1.1.3 Investoinnin vaikutus densiteettiin .....	42
6.1.2 Paino-ominaiskäyrä .....	43
6.1.2.1 Nostotela.....	44
6.1.2.2 Kammiokaavari .....	45
6.1.2.3 Investoinnin vaikutus paino-ominaiskäyriin .....	46
6.1.3 Visuaalinen vertailu.....	49
6.2 Tuotantotehokkuus .....	50
6.2.1 Vaihtoajat .....	50
6.2.2 Hukkaväri .....	51
6.2.3 Väriin kulutus .....	51
7 TULOSTEN YHTEENVETO.....	52
8 EHDOTUKSIA JATKOTOIMENPITEILLE .....	53
LÄHDELUETTELO .....	55
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Työn tausta

Aaltopahviksi kutsutaan kerrosmaista tuotetta, jossa kahden tasomaisen kartongin välissä on kolmas, aaltomaiseksi taivutettu kartonki. Kerrokset on liimattu toisiinsa aallonharjojen ja pintakartonkien kosketuskohdista. Näin muodostettu rakenne on jäykkä ja paksuuteensa nähden kevyt, ja sen suojausominaisuudet ovat varsin hyvät. /1, s. 13./

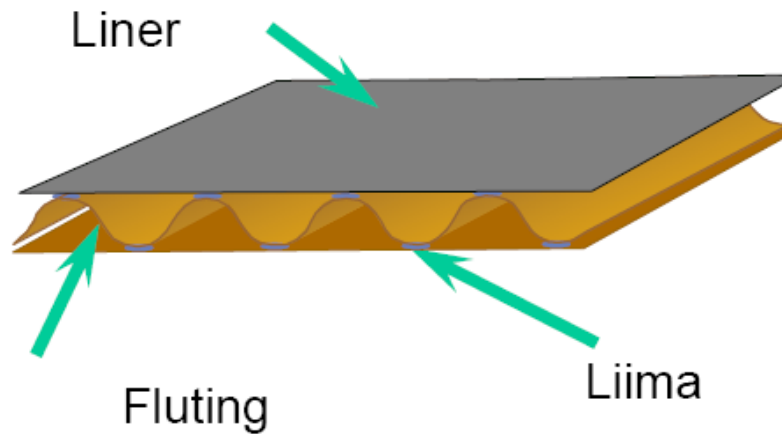
Aaltopahvi soveltuu hyvin itsekantavien tavaroiden kääreksi puristusta kestävämmien tuotteiden pakkauksiin. Se ottaa vastaan pinon alimmaisiin pakkauksiin kohdistuvan painorasituksen estäen näin tavaroiden litistymisen. Halpana ja kevyenä materiaalina siitä on kehittynyt kuljetuspakkausten tärkein raaka-aine. Käytetyt pakkaukset voidaan kerätä ja hajottaa uusioraaka-aineeksi, jopa 80 % käytetystä aaltopahvista kierrätetään. Erityisesti elintarviketeollisuus suosii aaltopahvipakkauksia (kuva 1). Noin puolet aaltopahvin käyttökohteista on elintarvikepakkauksia, tuoretuotteiden ja juomien pakkaukset mukaan lukien. Euroopassa pakkausmarkkinoilla aaltopahvin osuus kaikista pakkauksista on reilu kolmannes, suunnilleen sama kuin lasin. Paperi- ja kartonkiteollisuuden markkinaosuuksista aaltopahvilla on vahva jalansija, lähes 70 %. /2, s. 5./



Kuva 1. Aaltopahvin loppukäyttökohteet Suomessa 1997 /1, s. 22./

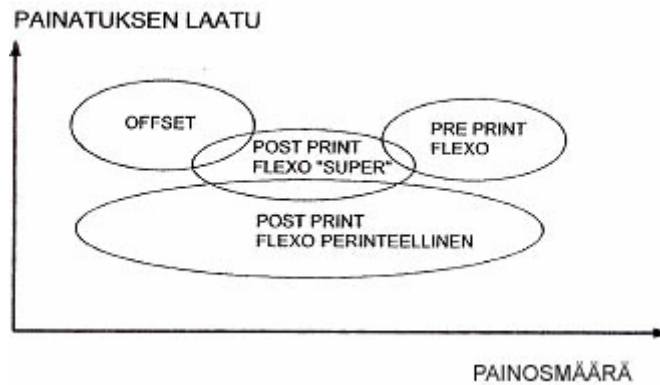
Aallotuskartongin tehtävä on liittää pintakartongit toisiinsa ja pitää ne tietyllä etäisyydellä (= aallon korkeus) toisistaan. Pintakartonkien tehtävä on pitää aaltopahvi koossa. Lujuusopillisesti tarkasteltuna aaltopahvin rakenne vastaa

palkkirakennetta, joka on jäykkä etenkin aaltojen suunnassa. Ainakin toisen pintakartongin tehtävänä on muodostaa tasainen ja sileä painatuspinta (pakkauksen ulkopinta). /1, s. 13./ Kuvassa 2 on havainnollistettu aaltopahvin rakennetta.



Kuva 2 Aaltopahvin rakenne /13/

Aaltopahvipakkaukset voidaan painaa joko valmiin aaltopahviarkin pinnalle (post print) tai pintalainerille (pre print), joka sitten laminoidaan yksipuoleiseen aaltopahviin. Tavallisimmat painomenetelmät ovat flekso ja offset. Paras laatu saavutetaan painamalla pintalaineri arkkioffsetissa. Esipainettu laineri rullafleksossa antaa myös suhteellisen hyvän laadun, mutta soveltuu vain suurempiin painoksiin korkeiden alkukustannusten takia. Kun painetaan kaksipuoleiselle aaltopahville fleksossa, ongelmana on joustava aaltopahvirakenne, joka ei ole tarpeeksi vankka antaa tasaisen painoalustan. Kun siirrytään ohuempisiin aaltopahvilaatuihin (esim. F- tai E-aalto), saadaan tasaisempi alusta ja parempi painojälki. Uudemmissa ns. superfleksopainokoneilla, joissa on kammiokaavarimenetelmä, on laatutasoa voitu nostaa. Painovärien keskinäinen kohdistus näissä arkkisyöttöisissä fleksokoneissa ei kuitenkaan yllä arkkioffsetin tai rullafleksion tasolle (kuva 3).



Kuva 3 Painomenetelmien soveltuvuus ja laatu /7/

Vaikka fleksopainatus on kehittynyt valtavasti viimeisten vuosien aikana, sillä on kuitenkin rajoituksensa, joka aiheuttaa sen, ettei se voi yltää samalle laatusolle kuin offset ja syväpainatus. Johtuen suuremmasta rasteripisteen leviämisestä ja epätarkemmasta värien kohdistuksesta, ei voi käyttää yhtä suurta rasteritiheyttä kuin offsetissa. Kun on kysymys elintarvikepakkauksista, on pakko käyttää vesiohenteisia painovärejä, mikä rajoittaa sävyjen laajuutta painatuksessa. Painolaatan fyysiset ominaisuudet vaikeuttavat vaaleiden sävyjen toistuvuutta. Huolellisella suunnittelulla, hyvällä reprotyöllä, sopivilla väreillä ja nykyaikaisilla painokoneilla voidaan monessa tapauksessa kuitenkin saavuttaa hyvä painojälki. Pitää myös muistaa, että aaltopahvipakkauksia tarkastellaan yleensä noin metrin etäisyydellä, jolloin offsetin ja flekson laatueroa on vaikea erottaa. /7/

## 1.2 Työn tavoite ja rajaus

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää, kuinka Valkeakoskella sijaitsevan Peterson Packaging Oy:n aaltopahvitehtaan jalostuskoneeseen tehty investointi vastasi sille asetettuja tavoitteita ja odotuksia. Investoinnilla tavoiteltiin tuotantomäärän kasvua, painatuslaadun parannusta sekä miniaaltojen ajettavuuden parannusta. Työn kokeellinen osa selvittää investoinnin kannattavuutta vertailemalla investointikohteen tuotantotehokkuuden ja painatuslaadun muutoksia. Kirjallisuusosassa tutustutaan aaltopahvin post-print-fleksopainatukseen ja sen kolmeen yleisimpään värinsiirtomenetelmään. Lisäksi työssä käydään läpi fleksopainovärien koostumusta ja sille asetettuja vaatimuksia.



Kirjallinen osuus sisältää myös lyhyet yritys-, tehdas- ja konekuvaukset sekä investoinnin yleiskuvauksen taustoineen.

## **2 YRITYKSEN JA INVESTOINTIKOHTTEEN YLEISKUVAUS**

### **2.1 Peterson Packaging Oy**

Peterson Packaging Oy on aaltopahvituotteita valmistava ja pakkauskoneita sekä järjestelmiä myyvä yritys. Yrityksen pääkonttori ja aaltopahvitehdas sijaitsevat Valkeakoskella sekä arkkijalostusyksiköt Espoossa ja Vantaalla. Lisäksi yrityksellä on PackSystems-yksikkö Espoossa. /4/

Peterson Packaging Oy työllistää 280 henkilöä ja yrityksen liikevaihto on 45 miljoonaa euroa. Peterson Packaging Oy kuuluu norjalaisen emoyhtiönsä Peterson AS:n pakkausdivisioonaan. Peterson AS:n omistaa keväästä 2006 lähtien norjalainen investointiyritys. Koko konsernin liikevaihto on 0,4 miljardia euroa ja henkilöstön määrä 1300. Peterson-konsernilla on tuotantolaitoksia Suomessa ja Norjassa. /4/

### **2.2 Aaltopahvitehdas**

Aaltopahvitehtaalla työskenteli vuoden 2006 alussa noin 250 henkilöä. Konekannan vähentämisen ja oheistoimintojen ulkoistamisen johdosta määrä tulee lähivuosina vähenemään merkittävästi. Leikkaukset sisältyvät kehitysohjelmaan, jossa tehtaan tuottavuutta pyritään nostamaan keskittymällä ydinosaamisalueeseen, eli ns. volyymituotteiden valmistukseen.

Tehtaan konekanta koostui vuoden 2006 alussa aaltopahvikoneesta ja yhdeksästä aaltopahvin jalostuskoneesta. Jalostuskoneista kolme on niin sanottua in-line-konetta, yksi monipisteliimauskone, yksi painokone ja neljä tasostanssia. Tasostansseista kaksi on varustettu painatusyksiköillä. Vuoteen 2007 mennessä konekanta karsitaan, jolloin jalostuskoneista tulee olemaan jäljellä in-line-koneet

ja painatusyksiköillä varustetut tasostanssit. Volyymituotteisiin keskittymisen johdosta kaksi jalostuskoneista siirretään Vantaan arkkijalostusyksikköön.

## 2.3 Flekso-Bobst 2000

### 2.3.1 Yleistä

Flekso-Bobst 2000 on painoyksiköillä varustettu tasostanssi. Kone valmistaa aaltopahvikoneelta tulevasta arkista aaltopahvilaatikon aihioita. Aihiot voidaan jatkojalostaa liimaamalla liimakoneella. Yleisimmin ne kuitenkin menevät suoraan asiakkaalle, ja asiakas kokoaa niistä tarpeitaan vastaavan laatikon joko pakkaus koneella liimaamalla tai pelkästään taivuttelemalla. Esimerkkinä koneen valmistamista tuotteista voidaan mainita ruokakauppojen hyllyiltä löytyvät vihanneslaatikot, joihin on pakattu esimerkiksi tomaatteja tai kurkkuja.

Koneen voidaan laskea koostuvan kolmesta osakokonaisuudesta: painatusosasta, stanssausosasta ja lavaajasta. Koneella työskentelee kerrallaan kolme henkilöä: koneenhoitaja ja kaksi koneapulaista. Flexo-Bobst 2000:lla voidaan jalostaa kaikkia tehtaalla valmistettavia aaltopahvilaatuja.

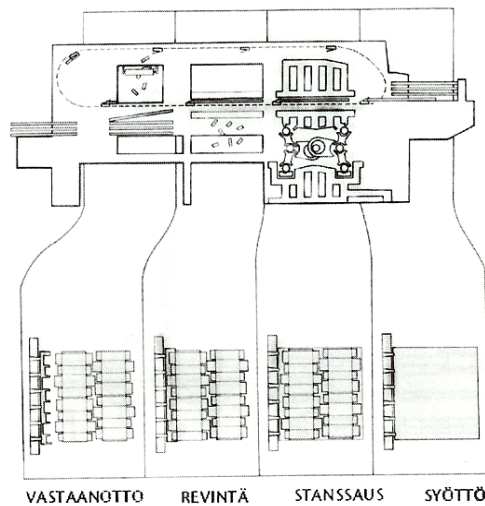
### 2.3.2 Painatusosa

Painatusosa koostuu kolmesta lähes identtisestä fleksopainoyksiköstä. Tässä tutkintotyössä käsiteltiin juuri painatusosaan tehtyjä muutoksia, joilla koneen tuotantoa ja painatuslaatua pyrittiin parantamaan. Koneen painoyksiköt ovat alapuolelta painavia, eli pahviarkki syötetään koneeseen painettava pinta alaspäin. Tilausten muutoissa eli vaihdoissa koneenhoitaja vastaa pääsääntöisesti painatusosalla tehtävistä toimenpiteistä. Painatusosaa käydään tarkemmin läpi työn seuraavissa osioissa. Painatusosan jälkeen arkki siirtyy välikuljettimella stanssausosan syöttöpöydälle.

### 2.3.3. Stanssausosa

#### 2.3.3.1 Yleistä

Stanssaus on käytännössä arkin leikkaamista ja syntyneiden leikkaustähteiden eli roskien irrotusta valmiista aihioista. Stanssauksessa arkista muodostetaan yksi tai useampi aihio. Stanssaus voidaan jakaa neljään osaan: syöttöön, stanssaukseen, revintään ja vastaanottoon (kuva 4). /1, s. 83./



Kuva 4 Tasostanssauksen vaiheet /1, s. 84./

#### 2.3.3.2 Syöttö

Syöttöyksikkönä käytetään imusyöttöä. Syöttölevyn imun avulla arkki siirretään naukkaritangolle asti. Tässä vaiheessa naukkaritankoon sijoitetut naukkarit avautuvat ja ottavat kiinni arkin reunasta. Kohdistuksen ja arkin siirtymisen kannalta on tärkeää, että jokainen syötetty arkki siirtyy syötössä naukkareiden pohjaan asti, sillä kuljettamisen lisäksi naukkareiden tehtävä on eri työvaihe toimintojen kohdistaminen toisiinsa. /1, s. 83./

Syöttölevyn imu päättyy, levy siirtyy taka-asentoon ja valmistautuu ottamaan uuden arkin. Naukaritankoon kiinnittynyt arkki siirtyy tangon kuljettamana seuraavaan työvaiheeseen. /1, s. 84./

Naukkaritangossa on vierekkäin useita naukkareita. Ne aukeavat samalla hetkellä, kun imulevy kuljettaa arkin tangolle. Tämän jälkeen naukkarit sulkeutuvat ja pitävät arkista tiukasti kiinni koko stanssausajan. /1, s. 84./

### 2.3.3.3 Stanssaus

Naukkareihin kiinnittynyt arkki siirtyy seuraavaksi varsinaiselle stanssausosalalle. Stanssaustyökalu eli formu kiinnitetään ruuveilla stanssausosan ylälevyyn. Stanssausosan alalevyyn voidaan laittaa taivutuksia varten kanal-urat, jotka yhdessä nuuttausterien kanssa muotoilevat taivutuskohtaa ja auttavat arkkiä taipumaan oikeasta paikasta. /1, s. 85./

Varsinaisen stanssausajan aikana ylälevyyn kiinnitetty formu pysyy paikallaan alalevyn puristaessa ap-arkin formua vasten, jolloin stanssattu aihio muodostuu (leikkaa, nuuttaa jne.). Jos yhdestä arkista tulee useita aihioita, pysyvät ne kiinni toisissaan kiinnikkeiden avulla. /1, s. 85./

Kiinnikkeet saadaan aikaan tekemällä leikkausteriin pieniä koloja eli lovia, jolloin loven kohta ei leikkaudu auki työstöiskun aikana. Jos kiinnikkeitä on liian vähän, arkit voivat irrota toisistaan liian aikaisin. Jos taas kiinnikkeitä on liikaa, arkinippujen erottaminen toisistaan vaikeutuu. /1, s. 85./

Stanssausajan aikana puristus tulee säätää sopivaksi hyvän leikkuujäljen aikaansaamiseksi. Jos puristusta on liian vähän, terät eivät leikkaa arkkiä kunnolla. Liian suuri puristus taas vaurioittaa arkkiä ja formun teriä. /1, s. 85./

Nykyään monissa koneissa käytetään formun vaihtoon suunniteltua apulaitetta. Tämän avulla seuraavan ajon formu voidaan kiinnittää kehilöön jo edellisen ajon aikana. Toimenpiteen etuna on vaihtoaikojen lyhentymisen ja näin ollen tuotannon

lisääntyminen. Toistaiseksi Flekso-Bobst 2000:lle ei ole kyseistä apulaitetta investoitu. /1, s. 85./

#### 2.3.3.4 Revintä

Stanssattu arkki siirtyy naukkarien avulla seuraavaan työvaiheeseen eli revintään. Revintä tarkoittaa käytännössä roskien irrotusta aihioista. Repijä koostuu ylä- ja alalevystä. Alalevy on aihion muotoinen vanerilevy, jossa on poistettavien osien kohdalla reiät. Työstöiskun aikana ylälevy painuu alalevyä vasten ja irrottaa aihion ympäriltä ja sisältä poistettavat roskat. Roskat putoavat suoraan koneen alla kulkevalle hihnalle, joka kuljettaa roskat hylkykäsittelyjärjestelmään. /1, s. 86./

#### 2.3.3.5 Vastaanotto

Roskaton aihio siirtyy naukkarien varassa seuraavaan työvaiheeseen, vastaanottoon. Siinä arkin mukaan muotoiltu perälauta painaa aihion irti etureunaroskasta, johon naukkari on kiinnittynyt. Naukkariin jäävä etureunaroska kulkee kaksi työstöiskua eteenpäin, jolloin naukkarit avautuvat ja roska putoaa kuljetushihnalle ja siitä edelleen samalle hihnalle kuin muutkin roskat. /1, s. 86./

Valmiit ahiot putoavat yksi kerrallaan vastaanottopään levyjen varaan. Kun halutun suuruinen nippu on valmis, levyt väistyvät ja nippu putoaa kuljettimelle. Jos yhdellä iskulla syntyy enemmän kuin yksi aihio, täytyy ahiot erotella eli murtaa kiinnikkeet vastaanotossa. Tämä tapahtuu lavaajan irrotusosalla. /1, s. 86./

#### 2.3.4 Lavaaja

Lavaajan tehtävä on irrottaa stanssausosalta tulevat aihioniput toisistaan ja pinotat ne kuormalavalle asiakkaan toivomaan malliin. FB 2000:lle lavaaja on investoitu kolme vuotta sitten. Ennen tätä ahiot oli sijoitettava arkille rinnakkain tai muussa tapauksessa ahiot oli irrotettava käsin toisistaan tai toimitettava asiakkaalle kiinni

toisissaan. Voidaankin sanoa, että lavaaja antaa lisää vaihtoehtoja aihoiden sijoitteluun arkille, joka mahdollistaa tehokkaamman koneen koon hyväksikäytön.  
/1, s. 86./

### 3 INVESTOINNIN YLEISKUVAUS

#### 3.1 Taustat

Investointitarpeeseen johti tehtaan päätös myydä kaksi sen kymmenestä jalostuskoneesta. Toinen myytävistä koneista oli painokone Deritent ja toinen tasostanssi Bobst, jossa ei ole painoyksiköitä.

FB 2000:n painatusosan investoinnin tarkoituksena oli korvata Deritentien painatuslaatu ja Bobstin stanssauskapasiteetti.

#### 3.2 Tavoitteet

##### 3.2.1 Painatuslaatu

Deritent on viisipainoyksikköinen painokone, joten kolmeyksikköinen Flekso-Bobst ei pysty korvaamaan sitä kaikkien tilausten osalta. Kuitenkin valtaosa Deritentien ajoista on värimäärän osalta mahdollista korvata kolmeyksikköisellä koneella. Derenttiin verrattuna FB 2000:n värinsiirto oli huonosti hallittavissa. Tämä johtui FB 2000:lla käytettävästä nostotelavärinsiirtojärjestelmästä. Järjestelmä vaihdettiin investoinnissa kammiokaavarijärjestelmään. Kammiokaavarijärjestelmä antaa ajonopeudesta riippumatta tasaisen ja hallitun värimäärän painolaatalle, mikä mahdollistaa tiheämmän rasteroinnin painolaatassa. Värinsiirtomäärät ovat aiemmin tehneet päällystettyjen laatuojen ajamisen mahdottomaksi FB 2000:lla; suuri värimäärä ei ehtinyt imeytyä päällystettyyn pintaan, jonka seurauksena painatus tahriintui seuraavassa painoyksikössä.

### 3.2.2 Tuotantotehokkuus

Koska painoyksiköillä varustettujen tasostanssien ajonopeuden määrää stanssausosa, ei painatusosaan tehdyssä investoinnissa pystytty vaikuttamaan ajonopeuteen. Tuotantoa pyrittiinkin lisäämään pienentämällä vaihtoaikoja ja sitä kautta lisäämään käytettävissä olevaa tuotantoaikaa. Aikaisemmin kuljetusrissat kuljettivat arkin painatusosan läpi, jolloin rissojen siirto ajojen vaihdossa oli työlästä ja kesti noin kuusi minuuttia. Investoinnissa kuljetusmekanismi vaihdettiin niin sanottuun imuilmakuljetukseen, joka ei vaadi konemiehistöltä toimenpiteitä ajonvaihdossa. Vaihtoaikojen pienentämistä tavoiteltiin myös painovärien pesujen nopeuttamisella ja automatisoinnilla. Aikaisemmin väri pestiin vesiletkun ja harjan kanssa pois rasteritelalta, värinnostotelalta ja värialtaasta. Kammiokaavareiden myötä värien pesu automatisoitiin täysin. Automatisoidulla järjestelmällä koneenhoitajan tehtäväksi olisi tarkoitus jäädä ainoastaan väriastioiden ja painolaattojen vaihto. Pumppujen uusinnan odotettiin myös vähentävän värihukkaa vaihdoissa.

## 4 AALTOPAHVIN FLEKSOPAINATUS

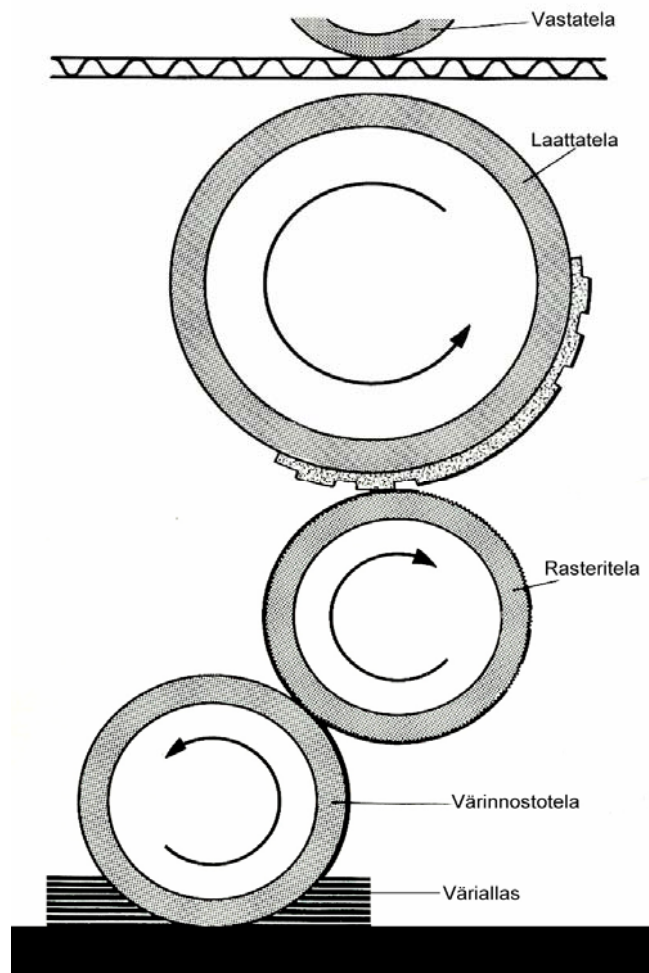
### 4.1 Yleistä

Aaltopahvia voidaan painaa flekso-, offset- ja seripainomenetelmillä. Seripainomenetelmä on hidas ja soveltuu ainoastaan pieniin sarjoihin, kun taas offsetpainossa puristus on pääsääntöisesti aaltopahville liian kova. Vaativimmat fleksopainotyöt voidaan painaa rullalle esipainatuksena eli preprinttinä, mutta menetelmä soveltuu kalliiden alkukustannustensa takia vain isoille painosmäärille. Valtaosa aaltopahvituotteista painetaan arkkipainatuksena fleksomenetelmällä eli postprinttinä. Tässä työssä käsitellään vain postprint-menetelmää.

## 4.2 Värinsiirtomenetelmät

### 4.2.1 Nostotela

Nostotelavärinsiirtojärjestelmässä väri pumpataan värialtaaseen, josta kuminen nostotela nostaa värin rasteritelalle ja joka puolestaan siirtää värin painolaatalle (kuva 5). Värinnostotelalle tai rasteritelalle voidaan asentaa kaavari, mikäli värinsiirtomäärää halutaan vakioida. Menetelmän etuna on runsas värinsiirtomäärä, jolla saadaan hyvä peittyvyys aaltopahville. Haittapuolena menetelmässä on siirtyvän värinmäärän hallinta.

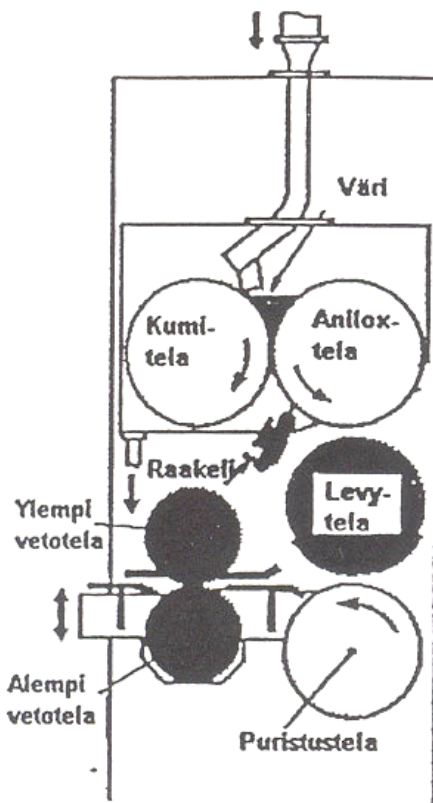


Kuva 5 Nostotelavärinsiirtojärjestelmä /5, s. 18./



#### 4.2.2 Duktoritela

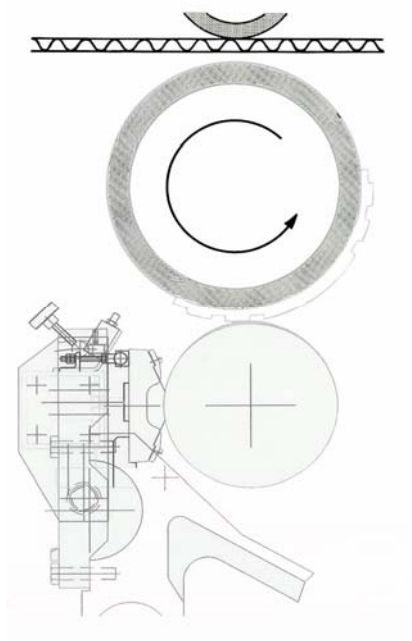
Duktoritelajärjestelmää käytetään päältäpainavilla koneilla. Väri pumpataan kumitelan eli duktoritelan ja rasteritelan nipin muodostamaan altaaseen, jota kautta rasteritela siirtää värin painolaatalle (kuva 6). Myös tässä järjestelmässä on mahdollista kaavata rasteritelan pinnalta ylimääräinen väri.



Kuva 6 Duktoritela värinsiirtojärjestelmä /3, s. 31./

#### 4.2.3 Kammiokaavari

Kammiokaavarijärjestelmässä väri pumpataan suoraan kaavarin kammioon, josta väri siirtyy rasteritelalle ja siitä painolaatalle (kuva 7). Menetelmän etuina ovat värinsiirtomäärän riippumattomuus ajonopeudesta, tasainen värinsiirtomäärä ja nopea poispestävyys vähäisen telamäärän takia. Haittana sanottakoon, ettei siirtyvä värimäärä välttämättä riitä aaltopahvin isoihin kompaktipainatuksiin.



Kuva 7 Kammiokaavarivärinsiirtojärjestelmä /5, s. 18. ; 10, s. 2./

#### 4.2.4 Investoinnissa tehdyt muutokset värinsiirtomenetelmälle

Investoinnissa FB 2000:n aiemmin käyttämä nostotelavärinsiirtojärjestelmä korvattiin kammiokaavarimenetelmällä.

Deritentillä on käytössään negatiivisella kaavarilla varustettu duktoritelamenetelmä.

### 4.3 Värinsiirtolaitteisto

#### 4.3.1 Yleistä

Värinsiirtolaitteistoksi voidaan kutsua väripumpun, värisuodattimien, putkiston ja venttiilien muodostamaa kokonaisuutta. Värinsiirtolaitteiston vaatimukset määräytyvät käytetyn värinsiirtojärjestelmän ja painovärin viskositeetin mukaan. Laitteiston tehtävä on kuljettaa riittävä määrä painoväriä järjestelmästä riippuen joko värialtaaseen tai kammiokaavarin kammioon mahdollisimman hellävaraisesti. Virtausnopeusvaihtelut, jyrkät mutkat, väriin kosketuksissa olevan materiaalin karheus ja liitoskohdat vaikeuttavat painovärin virtausta. Virtauksen vaikeutuessa

laminaarinen virtaus muuttuu turbulenttiseksi ja näin rasittaa väriä. Virtauksen turbulentsuus saa aikaan värin vaahtoamista, joka puolestaan nostaa värin viskositeettia.

#### 4.3.2 Nostotelajärjestelmän laitteisto

Pumppu siirtää painovärin väripurkista värialtaaseen. Pinnan korkeus vakioidaan väripurkkiin palaavan ylijuoksun avulla. Altaaseen asennettu anturi ilmoittaa mikäli pinnankorkeus on pudonnut tasolle, jolta nostotela ei pysty riittävästi siirtämään väriä rasteritelalle. Laitteistoon on usein asennettu suodatin, joka kerää väriin muodostuneet paakut ja epäpuhtaudet. Suodatin kuitenkin usein hidastaa värien poispesua ajon jälkeen.

Laitteiston etuina on yksinkertaisuus ja hellävarainen värin siirto. Heikkouksina on runsas kiertoon tarvittava värimäärä ja suurehko hukkavärinmäärä pesuissa. Hukkavärin määrään vaikuttaa altaan koko ja menetelmä, jolla se pesussa tyhjennetään.

#### 4.3.3 Dukturitelajärjestelmän laitteisto

Päältäpainavassa menetelmässä pumppu joutuu nostamaan värin yleensä noin kahden metrin korkeuteen maan tasalla olevasta väripurkista. Väri pumpataan duktori- ja rasteritelan muodostamaan nippiin. Väri pumpataan koneen leveysuuntaan nähden keskelle, josta se virtaa kohti koneen reunoja. Reunalta se valuu ylijuoksuna värinkeräysaltaaseen, josta se valuu omalla painollaan takaisin väripurkkiin.

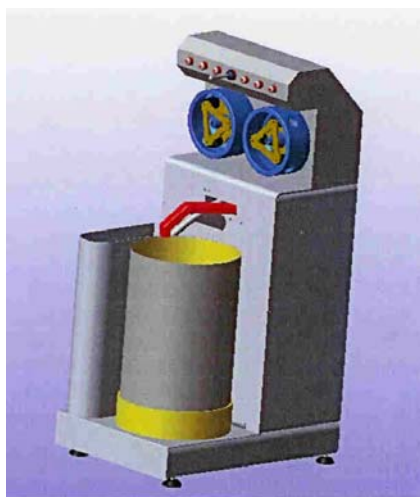
Laitteiston edut ja haitat ovat nostotelajärjestelmän kaltaiset. Erona on, ettei värihukka muodostu niin suureksi. Tämä johtuu värinkeräysaltaan paremmasta tyhjentymisasteesta verrattuna nostotelajärjestelmän altaaseen. Kuitenkin värien pesu on vielä hiukan työläämpää.

Uudempaan kammiokaavarijärjestelmään verrattuna nosto- ja duktorimenelmiä on automatisoitu vähemmän. Automatisointia vaikeuttavat altaat ja useamman telan käyttäminen. Automatisoinnin vähyydestä, altaista ja telojen määrästä johtuen ne ovat hitaampia pestä värinvaihdossa kuin pitemmälle automatisoituneet kammiokaavarijärjestelmät.

#### 4.3.4 Kammiokaavarijärjestelmän laitteisto

Kammiokaavarijärjestelmät ovat viimeaikoina yleistyneet. Järjestelmän laitteiston koostumus riippuu siitä, kuinka pitkälti pesu on automatisoitu. Tässä työssä käsiteltiin järjestelmää, jossa pesut on laatan pesua lukuun ottamatta täysin automatisoitu.

Automatisoidun laitteiston väripumppu koostuu kahdesta toisiinsa tietyllä välityksellä kytketystä identtisestä letkupumpusta (kuva 8). Letkupumppu on havaittu värin vaahtoamisen estämisen kannalta parhaaksi pumppumalliksi.



Kuva 8 Kammiokaavarijärjestelmän pumppu /10, s. 5./

Ajon aikana ensimmäisen pumpun tehtävä on nostaa riittävä määrä painoväriä kaavarin kammioon. Väri pumpataan kammion keskelle. Kammion muodostaa varsinainen kaavinterä, pitoterä, päätytiivisteet ja kammion runko. Terät ovat joko metallisia tai muovisia. Kammion yläreunoissa on värin paluuaukot, joista väri imetään toisen pumpun muodostaman imun avulla takaisin väripurkkiin.

Paluupumppu pyörii 20 % nopeammin kuin värinsyöttöpumppu. Nopeuseron tarkoitus on estää paineen muodostuminen kammioon ja parantaa värin virtausta kammiossa. Mikäli kammiossa olisi ylipaine, tihkuisi painoväri kammion tiivisteiden välistä tai pitoterän alta ulos järjestelmästä. Virtauksen parantamisella pyritään estämään värin jämähtäminen kammion pohjalle. Jämähtänyt väri pyrkii muodostamaan paakkuja kammiossa. Väripaakut puolestaan aiheuttaisivat tukoksia paluuputkistoon.

Pesujen alkaessa värinsyöttöpumpun imuletku nousee ylös väriastiasta ja pumpun pyörintäsuunta vaihtuu paluupumpun vastaiseksi. Paluupumppu jatkaa pyörimistään samaan suuntaan kuin ajon aikana. Kammion tyhjentämiseksi aukeaa kammion alareunoissa olevien tyhjennysaukkojen venttiilit. Tyhjennysaukoista valuva väri ohjataan samaan putkistoon, joista väri ajon aikana palaa väriastiaan. Näillä toimenpiteillä kammioista väriä imetään kolmesta kammion pohjalla olevasta aukosta kahdella eri pumpulla kahteen eri suuntaan.

Varsinainen pesuvaihe alkaa, kun laskennallinen järjestelmän tyhjennysaika on tullut täyteen. Imu- ja paluuputki siirtyvät väriastian vieressä olevaan pesuvesisäiliöön. Värinsyöttöpumppu pumppaa pesuveden kiertoan ja paluupumppu palauttaa veden säiliöön. Säilön pinnan korkeutta valvoo uimuri, joka aukaisee pesuvesisäiliön pohjassa olevan venttiilin, kun säiliön pinta nousee riittävän korkealle. Operaattori valitsee haluamansa pesun pituuden riippuen vaihdettavista värisävyistä. Vaihdettaessa sävy vaaleasta tummaan pesutuloksen vaatimukset ovat varsin vähäiset. Mikäli vaihdetaan esimerkiksi valkoinen väri ryhmään, jossa on edellisessä ajossa ollut punainen väri, pienikin punaisen värin jäännöksi muuttaa koko valkoisen värin vaaleanpunaiseksi. Kammiossa kiertävä pesuvesi pesee myös rasteritelaa. Rasteritelan pesutuloksen parantamiseksi, on järjestelmään lisätty erilliset suuttimet, jotka suihkuttavat kuumaa vettä kovalla paineella suoraan rasteritelan pintaan. Suuttimille pesuvesi tulee koneen taakse sijoitetusta säiliöstä, johon sijoitetut vastukset lämmittävät säiliön veden.

#### 4.3.5 Investoinnissa värinsiirtolaitteistolle tehdyt muutokset

Värinsiirtomenetelmän vaihdoksen myötä oli luonnollisesti myös koko värinsiirtojärjestelmän laitteisto vaihdettava. Investoinnin aikana putkiin ja niiden liitoskohtiin tehtiin useita muutoksia värin virtauksen parantamiseksi. Muutokset ovat edelleen osittain kesken.

#### 4.4 Rasteritela

##### 4.4.1 Yleistä

Rasteritelaa sanotaan myös anilox-telaksi. Rasteritelan tehtävä on siirtää painoväri värinsiirtomenetelmästä riippuen nostotelalta tai kammiokaavarista painolaatalle. Siirtyvän värin määrä riippuu rasterikuppien tilavuudesta ja linjatiheydestä. Rasteritelaa voidaan varustaa joko positiivisella tai negatiivisella kaavarilla. Kaavarin tehtävä on pyyhkiä ylimääräinen väri pois telalta. Kaavaria käytettäessä on mahdollista syöttää väri suoraan rasteritelalle käyttämättä nostotelaa. /2, s. 10/

Positiivinen kaavari on asetettu koneen pyörimissuunnan mukaisesti, yleensä kulmaan  $45 - 65^{\circ}$ . Positiivista kaavaria käytettäessä väri määrä pysyy vakiona vain tietyllä ajonopeudella. Pienillä ja suurilla ajonopeuksilla värimäärää ei pystytä hallitsemaan. Nopeuden kasvaessa värimäärä alkaa jyrkästi kasvaa värin kerääntyessä telan alle, jolloin terä taipuu irti rasteritelasta. /2, s.10./

Negatiivinen kaavari on asetettu rasteritelan pyörimissuuntaa vastaan, kulmassa  $30 - 40^{\circ}$ . Käytettäessä negatiivista kaavaria värimäärä on riippumaton ajonopeudesta. Negatiivinen kaavari kuluttaa rasteritelaa eniten, vaikka rasterikuppien väliselle kannakselle jääkin voiteleva värikerros. /2, s. 10./

Kaavarin terät on valmistettu joko teroitettaviksi tai kertakäyttöisiksi. Materiaali on sen mukaan joko terästä tai muovia. Koska kaavarin käyttö on ainoa tapa vakioda värin siirtyminen, on terät vaihdettava / puhdistettava ja teroitettava riittävän usein. Nykyään käytössä olevat kaavarit ovat yleisimmin kertakäyttöisiä,

painatusmäärästä riippuen vaihtoväli on noin kuukausi. Kulunut kaavari aiheuttaa viiruja painojälkeen. /2, s. 10./

Rasteritelat on päällystetty joko kromilla tai keraamisella aineella. Telan pintaan on kaiverrettu mekaanisesti tai useimmiten laserin avulla vierekkäisiä rasterikuppeja. Kupin muoto vaikuttaa kupin tyhjentymiseen ja siten siirtyvän värin määrään. Myös kuppikannassuhde on oleellinen osa kaiverrusta. Aaltopahvin painamiseen optimaalinen kuppikannassuhde on  $1 / 3$ . /2, s. 10./

Rasterikuppien määrä ilmoitetaan linjalukuna, joka on kuppien lukumäärä senttimetriä kohden. Rasteritelan tiheyden valintaan vaikuttaa haluttu värimäärä ja painolevyn tiheys. Rasteritelan linjatiheyden pitäisi olla 4 – 5 kertaa suurempi kuin painolaatan linjatiheys. Jos linjatiheys on pienempi, rasteripisteet saattavat upota rasterikuppeihin aiheuttaen pisteenkasvua etenkin vaaleilla sävyillä. Yleisesti suurempi linjatiheys saa aikaan pienemmän värinsiirron, ohuemman värikerrosvahvuuden ja näin ollen heikomman peittävyuden. Mitä parempaa ja terävämpää painojälkeä halutaan saada aikaan, sen korkeampaa linjatiheyttä käytetään. Kun painolaatalla ei ole rasteripintoja, värinsiirtotelan rasteritiheys ja -kulma riippuvat halutusta värimäärästä levyllä ja painokoneen värinsyöttömenetelmästä.

Rasteritelan rasterikulma suhteessa telan pituusakseliin vaikuttaa myös siirtyvän värin määrään. Rasterikulmat ovat käytännössä 30, 45 tai  $60^{\circ}$ . Kirjallisuuden mukaan  $60^{\circ}$  kulmalla saavutetaan paras tyhjentymisaste, josta seuraa korkein painatusdensiteetti. Pienin pisteenkasvu saavutetaan myös  $60^{\circ}$  rasterikulmalla.

Kuppien syvyydet vaihtelevat välillä 5 – 100  $\mu\text{m}$ . Korkeilla linjatiheyksillä käytetään pienempiä kuppeja. Kuppien tilavuus ja linjatiheys valitaan painettavan materiaalin mukaan. Rasteritelalle ilmoitetaan teoreettinen kuppitilavuus, yksilöllä  $\text{cm}^3 / \text{m}^2$ . Käytännössä tela siirtää väriä noin 70 – 80 % teoreettisesta arvostaan. Ajan myötä rasteritela kuluu ja kuppitilavuus pienenee. Näin tapahtuu myös huonon puhdistamisen seurauksena. Yleisesti huonon puhdistamisen johdosta kuppien volyymi laskee kolmanneksen, mutta jopa yli puoleen laskeneita arvoja on mitattu.

#### 4.4.2 Investoinnissa rasteriteloihin tehdyt muutokset

Investoinnissa kaikki rasteritelat pinnoitettiin ja kaiverrettiin uudelleen. Aikaisemmin FB 2000:n kaikkien kolmen väriyhmän rasteriteloissa oli 100 L/cm, joiden teoreettinen värinanto on  $12,0 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ . Kahden ensimmäisen väriyhmän rasteritelan linjatiheys säilyi 100 L/cm, mutta värin siirtomäärä tippui kuppitilavuuden pienentämisen takia  $10,0 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ . Investoinnissa kolmannen väriyhmän telan antoa ei haluttu pienentää, jotta varmistettaisiin kompaktipintojen riittävä värinsaanti ja sitä kautta riittävä peittävyys. Telan linjatiheydeksi tuli 80 L/cm ja värinannoksi  $12,0 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ . Kaikkien telojen kaiverruskulmana säilyi  $60^\circ$ . Derintin käyttämät telat vastaavat FB 2000:n uusittuja rasteriteloja.

#### 4.5 Painolaatat

##### 4.5.1 Yleistä

Painolevy koostuu polyesterikalvosta, jonka päälle on asemoitu painolaatta. Painolevy kiinnitetään teräksisen painosylinterin ympärille erityisellä mekanismilla, jolla se myös kiristetään. /2, s. 13-14./

Painolaatta siirtää vaadittavan värimäärän halutussa muodossa painettavalle materiaalille. Painolaattoja valmistetaan sekä luonnonkumista että synteettisestä kumista ja fotopolymeeristä. Nykyisin käytetään lähes yksinomaan fotopolymeerilaattoja. Painolaatan on toistettava rasterinegatiivia mahdollisimman tarkasti. Painavien kohtien korkeuserojen tulee olla riittävät ja pisteiden profiilien sopivat. /2, s. 13-14./

Kumilevylle haluttu painatusaihe kaiverretaan laserin avulla. Kaiverruksessa levystä höyrystetään painamattomat kohdat pois filmin mukaisesti. Fotopolymeerin polymeroituminen alkaa valon vaikutuksesta. Polymeerilaatta valmistetaan painolaataksi valottamalla painavat kohdat, painamattomat kohdat suojataan valolta. Valotuksen jälkeen painamattomat kohdat pestään pois ja laatta kuivataan. Kuivauksen jälkeen laatta jälkikäsitellään uudelleen valottamalla tai karkaisemalla. /2, s. 13-14./



Yksikerroksisissa painolevyissä pohjana on polyesterilevy, jonka päällä on fotopolymeerikerros. On olemassa monikerroslevyjä, joissa fotopolymeerilevyn alla on joustava taustakerros, jota sanotaan R/bakiksi. Monikerroslevyjä käytettäessä painava pinta-ala ei kasva, koska joustava taustakerros ottaa vastaan painatuspuristuksen. Käytössä on myös erillisiä joustavia taustakalvoja, jotka valmistetaan uretaanivaahdosta. Niiden käyttö mahdollistaa ohuemman painolaatan käytön ja vähentää painopinnan venymistä, joka syntyy paksumpaa painolevyä kiinnittäessä. /2, s. 13-14./

Painolevyille on tärkeää juuri oikea laatan kovuus ja joustavuus. Laatoilla on taipumus kovettua ajan myötä värin, pesuaineiden ja käytettyjen liuottimien vaikutuksesta. Laattojen kuntoa tarkkaillaan Shore-mittarilla. Fleksopainolaattojen kovuus on 30 – 60 Shorea A ja paksuudet vaihtelevat 0,3 – 6,5 mm. Laatta valitaan painettavan pinnan karheuden ja kovuuden perusteella. Karheille pinnoille tarvitaan pehmeä ja syvä reliefi luotettavan kontaktin syntymiseksi. Juuri reliefin syvyyksien laaja vaihteluväli mahdollistaa fleksopainon käyttökelpoisuuden laajalle painomateriaalin kirjolle. /2, s. 13-14./

#### 4.5.2 Investoinnin johdosta painolaattoihin tehdyt muutokset

Derintin myynnin johdosta FB 2000:lla vaativien rasteroitujen painotöiden määrä kasvoi. Ennen investointia FB 2000:n käytettiin laattoja, joiden linjatiheys oli 16 L/cm. Toistaiseksi linjatiheys on pidetty samana, mutta sitä on jatkossa tarkoitus kasvattaa vaiheittain.

Derintin optimaaliseksi laattalinjatiheydeksi on ilmoitettu 22 L/cm. Tämän tutkintotyön koeajoissa käytetyt testilaatat olivat linjatiheydeltään 18 L/cm. Derintin käyttämiä, R/bakilla varustettuja laattoja ei toistaiseksi ole juurikaan testattu FB 2000:lla.

## 4.6 Painoväri

### 4.6.1 Yleistä

Painoväriin tehtävänä on luoda painoalustalle painetun ja painamattoman pinnan välille riittävä kontrasti ja värillisuus. Ominaisuuksiltaan väriin tulee sopia käytössä olevalle painomenetelmälle ja sen pitää tarttua alustaan, sekä kestää käyttötarkoituksestaan riippuvaa mekaanista rasitusta. Edelleen, se ei saa sisältää terveydelle tai ympäristölle haitallisia aineita. /12, s. 25./

Fleksopainovärit ovat joko alkoholi- tai vesipohjaisia pigmenttidispersioita. Painovärien tärkeimmät komponentit ovat pigmentti, sideaine ja liuotin. /12, s. 25./

### 4.6.2 Pigmentti

Pigmentin tehtävänä on antaa painettavalle pinnalle haluttu väri. Pigmenttien värillisuus johtuu valoa selektiivisesti absorboivasta atomiryhmistä, kromoforeista. Kromoforeja ovat erityisesti konjugoidut tyydyttymättömät sidosjärjestelmät, kuten  $-C = N-$ . Niiden vaikutusta vahvistavat tietyt substituentit, niin sanotut auksokromit, kuten  $-NH_2$ . /12, s. 26./

Pigmentin valinnalla vaikutetaan lopulliseen painetun pinnan kiiltoon ja valonkestoarvoihin ym. arvoihin. Pigmentin kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet vaikuttavat painoväriin käyttäytymiseen painettaessa. Pigmentillä on todettu olevan vaikutusta myös eri ajonopeuksilla saavutettavaan sävyalueen laajuuteen ja eri rasteriteloilla saavutettavaan minimidensiteettiin. /12, s. 26./

Suurin osa käytössä olevista pigmenteistä on orgaanisia, vain titaanivalkoinen ja nokimusta pigmentti ovat epäorgaanisia. Pigmentit valmistetaan synteettisesti, ja kemialliselta rakenteeltaan ne ovat joko atsopigmenttejä tai polysyklisiä pigmenttejä. Ne ovat jauhemaisia, liukenemattomia aineita, joiden partikkelikoko vaihtelee tuotteesta riippuen 0,05 – 0,5  $\mu m$ . Partikkelikoko vaikuttaa saavutettavaan värisävyyneen; mitä pienempinä partikkelirykelminä, aggregaatteina, pigmentti on, sitä parempi on sen värivoima. Keltainen ja oranssi ovat sitä

punaisempia mitä suurempia partikkeleita niissä esiintyy. Kuivana jauheena pigmenttipartikkelit ovat kasaantuneet yhteen ns. agglomeraateiksi. Pigmenttipartikkelit voidaan päällystää jollain pinta-aktiivisella aineella, joka auttaa agglomeraattien hajottamista niitä dispergoitaessa. /12, s. 26./

#### 4.6.3 Sideaine

Sideaine kiinnittää värin painettavalle pinnalle. Painoväriä valmistettaessa sideaine kostuttaa pigmentin jauhatusvaiheessa ja vaikuttaa dispersion stabiilisuuteen. Sillä on myös vaikutuksensa värin kuivumiseen, painatuksen ulkonäköön ja kestoarvoihin. /12, s. 27./

Yleisimmin sideaineet sisältävät styreeni/akryylipohjaisia polymeerejä. Yleisimpiä ovat alkaliliukoiset hartsit ja emulsiosideaineet eli lateksit. Alkaliliukoiset hartsit ovat happamia hartseja, jotka muodostavat alkalisessa liuoksessa, pH 8 - 9, veteen liukenevan suolan. Kun alkali haihtuu, happamuus kasvaa ja hartsi muuttuu kiinteäksi. Alkalina käytetään erilaisia amiineja, esim. dimetyyli-etanoliamiinia. Alkalin valinnalla vaikutetaan värin kuivumisnopeuteen. /12, s. 27./

Emulsiopohjaisissa väreissä veteen liukenemattoman hartsin muodostama emulsio saadaan aikaan emulgointiaineen avulla. Hartsipartikkelit pysyvät erillään sähkövarausten ja pinta-aktiivisten aineiden avulla. Emulsion stabilointiin käytetään alkaleita. Näillä hartseilla saadaan aikaan paremmat kastoarvot ja nopeampi kuivuminen. Useimmiten vesipohjaisten painovärien sideaineena käytetään edellä mainittujen hartsien yhdistelmiä. /12, s. 27./

#### 4.6.4 Liuotin

Liuottimen tehtävänä värissä on liuottaa sideaine, toimia kantofaasina sideaineelle ja pigmentille sekä säätää viskositeetti sopivaksi. Vesipohjaisissa painoväreissä tärkein liuotin on vesi, mutta sen lisäksi käytetään myös jotain orgaanista liuotinta, esimerkiksi isopropanolia. Isopropanoli liukenee veteen alentaen veden

pintajännitystä ja nopeuttaen paperin kostumista. Samalla se nopeuttaa värin kuivumista. Propyleeniglykolia voidaan käyttää hidastamaan väriä. /18, s. 27./

Liutin toimitetaan tehtaalle sekoitettuna sideaineeseen. Tätä seosta nimitetään väliaineeksi eli vernissaksi. /12, s. 27./

#### 4.6.5 Lisäaineet

Lisäaineita kutsutaan myös apuaineiksi. Ne ovat aineita, joiden tehtävänä on mm. säätää pH, kuivumisnopeus ja viskositeetti sopivaksi, estää värin vaahtoamista tai lisätä hankauksen kestävyyttä.

#### 4.6.6 Painovärin viskositeetti

Painovärin viskositeetin valintaan vaikuttavat värin ominaisuudet, rasteritela, painettava materiaali ja haluttu värisävy. Värin voimakkuutta säädetään yleisesti viskositeettia muuttamalla. Rasterikuvia painettaessa on kuitenkin tietty viskositeettialue, joka antaa parhaan lopputuloksen (parhaan kontrastin ja pienimmän pisteenkasvun). Painokoneen ajettavuus kuitenkin asettaa värin viskositeetille tietyt reunaehdot. / 7/

Värin viskositeetti muuttuu painokoneella kaiken aikaa, joten viskositeetin valvonta ja säätö on ajon aikana välttämätöntä. Viskositeetin automaattinen mittaus ja säätö on käytössä useissa fleksopainokoneissa. / 7/

#### 4.6.7 Investoinnin johdosta painoväriin tehdyt muutokset

Aaltopahvitehtaalla värit sekoitetaan itse värikeitin automaattisessa sekoituslaitteessa väritoimittajan toimittamista pigmenttipastoista ja vernissoista. Sekoituslaite laskee ja annostelee haluttuun värisävyyteen tarvittavat komponentit. Lisäksi sekoituslaite lisää mahdollisen lisäveden värin joukkoon. Väri toimitetaan koneille 20 litran väripurkeissa.

Käytössä on tällä hetkellä kymmenen pigmenttipastaa, joista on mahdollista muodostaa noin 10000 erilaista värisävyä. Käytössä on myös kolme eri vernissaa. Käytettävän vernissan valinta riippuu aaltopahvin pintalainerista. Tavallisimmin käytetyn valkoisen pintalainerin lisäksi ruskea ja päällystetty laineri vaativat omat vernissansa.

Investoinnin ei ollut tarkoitus vaikuttaa tehtaalla käytettyjen painovärien resepteihin. Värien vaahtoaminen kuitenkin johti niin suureen viskositeetin nousuun, että myös värien reseptejä oli pakko muuttaa (kuva 9). Viskositeetin nousun myötä kaavareiden kammioiden paine nousi niin korkeaksi, etteivät värit pysyneet kammiossa vaan tulivat ulos kaavarin pitoterän puolelta tai päätyivät väliin.

Aiemmin käytettiin värireseptejä, joissa vernissa sisälsi värien peittävyttä lisääviä täyteaineita. Täyteaineet sisälsivät amiineja, jotka imuilmakuljettimen aikaan saaman ilmavirran takia haihtuivat. Näin myös peittävyys kärsi. Haihtuminen aiheutti myös veden suhteellisen osuuden kasvun värissä, joka johti värien vaahtamiseen /14/.



Kuva 9 Vaahdonnut painoväri

Uusitussa vernissareseptissä amiinit jätettiin pois, jolloin peittävyden säilyttämiseksi oli lisättävä pigmenttien osuutta värissä. Näillä toimenpiteillä väri

saatiin säilyttämään alkuperäinen viskositeettinsa huomattavasti pidempään ja näin mahdollistettiin koneen normaali ajettavuus (kuva 10).



Kuva 10 Uusi väri ajon jälkeen

Arvailtavaksi jäi, olisiko aiemmin käytetty väri kestänyt värinsiirtolaitteiston virtausnopeusvaihtelut, kapeat liitoskohdat ja jyrkät putken mutkat.

## 4.7 Arkin kuljetus painatusosan läpi

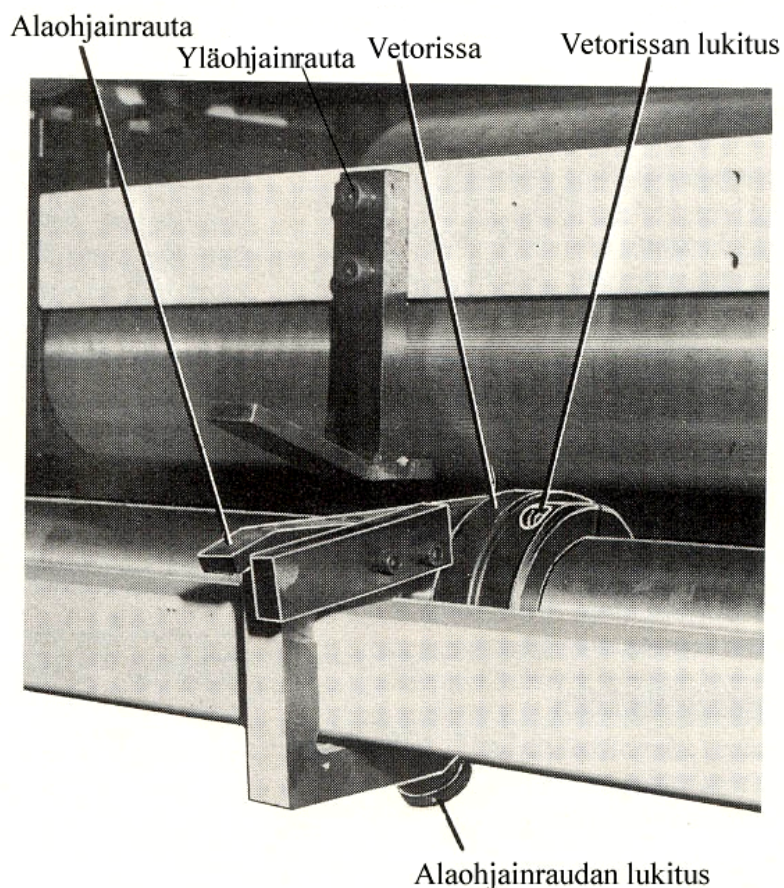
### 4.7.1 Yleistä

Arkit kulkevat painatusosan lävitse yksitellen. Syöttöpöytä toimii kuten stanssausosallakin. Syöttöpöydältä arkki siirtyy kumisien vetotelojen väliin. Näiden kahden vaiheen toiminta on ratkaisevin vaihe kohdistuksen onnistumisen kannalta. Arkkimateriaalin kohdistuksen vaikeus on saada arkki lähtemään täysin suoraan syöttöpöydältä. Vetotelojen jälkeen arkki siirtyy ensimmäiselle väriryhmälle joko vectorissojen tai alipaineen avulla.

### 4.7.2 Vectorissakuljetus

Vectorissat on sijoitettu ennen ja jälkeen painoyksikön. Niiden tehtävä on kuljettaa arkki edellisestä painonipistä seuraavalle. Vectorissat ovat sijoitettu arkin

reunakohtiin, jotta ne eivät sotkisi painatusta. Vektorissojen viereen asennetaan arkinohjausraudat. Vektorissat sekä alapuolen ohjausraudat on siirrettävä käsin aina vaihdon yhteydessä. Kuvassa 11 on eritelty vektorissakuljettimen osat.



Kuva 11 Vektorissakuljetus /5, s. 10./

#### 4.7.3 Imuilmakuljetus

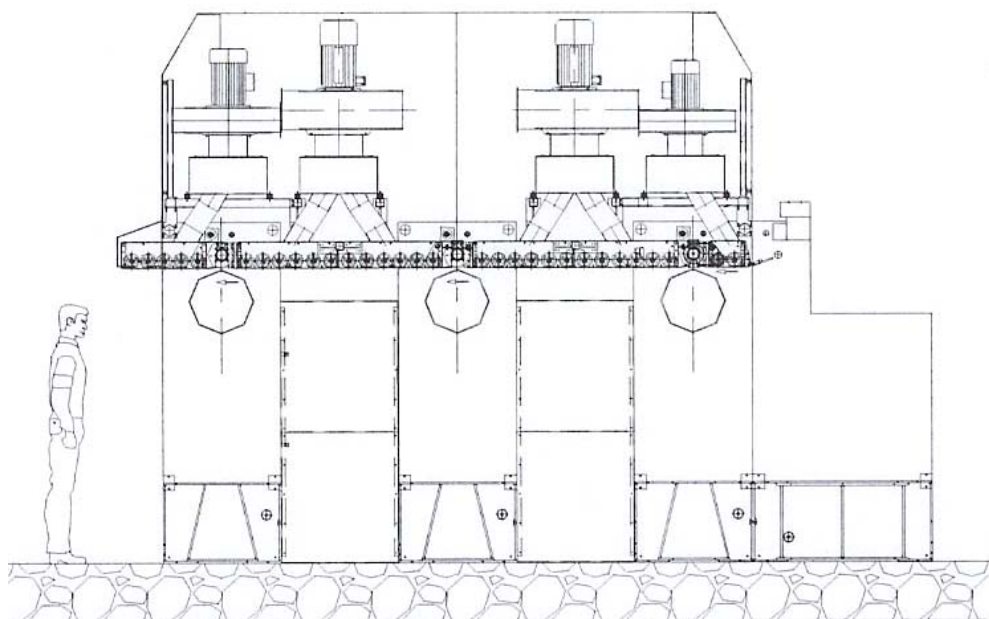
Imuilmakuljettimet ovat yleistyneet alapuolelta painavissa arkkifleksokoneissa. Arkkia kuljettaa pienet rullat (kuva 12). Arkki pysyy kiinni rullien pinnassa alipaineen avulla. Alipaine muodostetaan koko koneen leveydelle. Alipaineen suuruus valitaan sen mukaan kuinka käyristynyt arkki on. Mitä käyrempää arkki on, sitä suurempaa imutehoa joudutaan käyttämään.





Kuva 12 Imuilmakuljettimen kuljetuspinta /9/

Imuilmakuljetin ei vaadi operaattorilta toimenpiteitä vaihtojen yhteydessä. Vaihtoaikojen lyhentäminen onkin laitteen paras puoli. Kohdistus säilyy myös läpi painatusosan samanlaisena. Haittana on laitteen pitämä meteli. Kuvassa 13 on havainnollistettu imuilmakuljettimen kokoa.



Kuva 13 Imuilmakuljetin /11, s. 2./

#### 4.7.4 Investoinnissa arkin kuljetukseen tehdyt muutokset

Investoinnissa korvattiin vectorissakuljetin imuilmakuljettimella. Tällä pyrittiin pienentämään vaihtoaikoja sekä kohdistusvaihteluita ajon aikana.



Käyttömukavuuden lisäämiseksi väriryhmiä nostettiin lattian tasalta noin 30 cm:ä. Väriryhmien nostamisen takia oli myös syöttölaitetta ja välikuljetinta nostettava.

## 5 MITTAUSTEN SUORITUS JA MITATTAVAT SUUREET

### 5.1 Painatuslaatua kuvaavat mittaukset

Painatuslaadun muutoksia tutkittiin densiteetin, ominaiskuvaajan sekä visuaalisen paremmuusvertailun avulla. Mitattavia suureita eli densiteettiä ja ominaiskuvaajaa voidaan pitää toistensa vastakohtina. Karrikoidusti voidaan sanoa, että mikäli toinen ominaisuuksista paranee, toinen heikkenee. Visuaalinen paremmuus on kuitenkin se ominaisuus, joka todella kertoo investoinnin onnistumisesta painatuslaadun osalta. Mittaukset sekä visuaalinen vertailu suoritettiin koeajoarkeista.

#### 5.1.1 Koeajot ja mittausapuvälineet

Nostotelajärjestelmän koeajo ajettiin juuri ennen investoinnin aloitusta. Alkuperäinen tarkoitus oli ajaa toinen koeajo heti kun kammiokaavarit oli saatu asennettua. Kuitenkin järjestelmän toimimattomuus esti vielä tällöin luotettavien mittaustulosten saannin. Vasta viiden kuukauden kuluttua järjestelmä saatiin kuntoon, jossa mittausten suorittaminen oli mahdollista. Pitkittyneestä mittausten aikavälistä johtuen koeajoarkit eivät olleet täysin identtisiä. Muutos on kuitenkin niin pieni, ettei sen voi laskea vaikuttavan saatuihin tuloksiin. Koeajot ajettiin neljälle eri aaltopahvilaadulle, joista kolme oli valkopintaisia. Mittauksiin käytettiin valkopintaisia E-, B- ja C-aaltoisia arkkeja. Neljättä ruskeapintaista B-aaltolaatua käytettiin vain visuaalisissa vertailuissa.

Painovärit olivat järjestyksessä keltainen, magenta ja syaani (yellow, magenta ja cyan). Koska investoinnin aikana painoväreistä muodostui kriittinen tekijä, valittiin jälkimmäiseen koeajoon uusittuun vernissaan tehty magenta. Näin voitiin vertailla myös vernissan muutoksen vaikutuksia painatuslaatuun.

Koeajoissa käytettiin testilaattoja, joiden linjatiheys oli 18 L/cm. Kolmivärikoeajoihin suunnitellut painolaatat antoivat hyvät lähtökohdat mittauksiin (kuva 14).



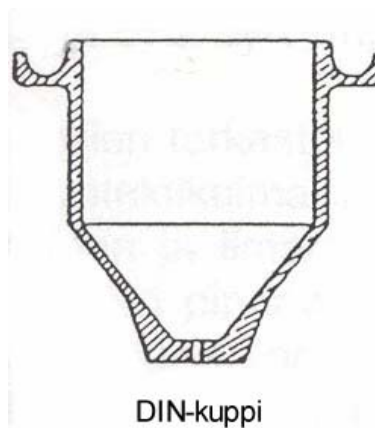
Kuva 14 Testiarkki

Koeajot ajettiin tuotantotyyppisesti eli kohdistukset, telojen paineet ja kallistukset sekä ajonopeus säädettiin ohjearvojen perusteella. Tällä pyrittiin minimoimaan koneen käyttäjästä aiheutuvat erot.

Mittaukset suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoululta lainatulla densitometrillä (kuva 15).



Kuva 15 Densitometri /8/



Kuva 16 DIN-kuppiviskometri /3, s. 18./

Koeajoissa osavärien lähtöviskositeetit pyrittiin säätämään identtisiksi. Viskositeetin mittaukseen käytetään kuvassa 16 havainnollistettua DIN-kuppiviskometriä.

### 5.1.2 Densiteetti

Kompaktipintojen painatuksessa tavoitellaan lähes aina mahdollisimman suurta densiteettiä. Painojäljen densiteetti kuvaa painojäljen peittävyttä ja värin voimakkuutta. Usein suuretta havainnollistetaan vertaamalla kahta eri densiteettistä mustaa. Mitä mustemmalla musta näyttää, sitä suurempi on painojäljen densiteetti. Mikäli värin komponentit ovat identtiset, voidaan silmämääräisestikin saada melko luotettava käsitys siitä, kumman densiteetti on suurempi.

Densiteettiin vaikuttavia tekijöitä ovat:

- siirtyvän värin määrä
- telojen puristus
- painattavan materiaalin absorptio-ominaisuudet
- painovärin koostumus ja viskositeetti

### 5.1.3 Painatuksen ominaiskuvaaja

Painatuksen ominaiskuvaaja kuvaa painokoneen kykyä siirtää painolaatalle tehty kuva identtisesti painettavalle materiaalille. Ominaiskuvaajassa mitataan pisteenkasvua painetulle materiaalille. Ominaiskuvaaja on käyrä, jossa Y-akselilla on painolaatan rasteripisteprosentti ja X-akselilla painatusalustalle muodostunut rasteripisteprosentti. Mitä lineaarisempi käyrä on, sitä paremmin painokone pystyy toistamaan halutun kuvion. Pisteenkasvu on suurinta keskisävyillä (40 – 60 %). Aaltopahvin flexopainossa se on normaalista noin 25 %. Ominaiskäyrä mitattiin koeajoarkin testikiilasta, jossa oli rasteripisteprosentit 10 – 100 %.

Painatuksen ominaiskuvaajaan vaikuttavia tekijöitä

- telojen puristukset
- painettavan materiaalin absorptio-ominaisuudet
- siirtyvän värin määrä
- painovärin viskositeetti

### 5.1.4 Visuaalinen paremmuusvertailu

Visuaalisessa paremmuusvertailussa testihenkilöitä pyydettiin vertailemaan painojäljen peittävyyttä, yksityiskohtien toistoa ja yleisilmettä B-aaltoisista koeajoarkeista. Testiryhmä koostui kolmesta henkilöstä, joiden tietämispohja asiasta on täysin erilainen. Testiryhmän koon oli tarkoitus olla suurempi, mutta tulosten ollessa niin selkeitä todettiin kolmen henkilön antavan riittävän luotettava tulos visuaalisesta paremmuudesta.

Painojäljen peittävyyttä verrattiin 200 cm<sup>2</sup>:n kompaktipinnasta. Vertailtavaksi sävyksi valittiin magenta, jolloin tulokseen vaikuttaa myös uudistetun vernissan aikaansaama muutos painojäljen peittävydessä.

Yksityiskohtien toistoa vertailtiin syaanilla painetusta viivakoodista.

Testihenkilöitä kehoitettiin kiinnittämään huomiota erityisesti reunojen terävyyteen ja ohuiden viivojen suoruuteen.

Yleisilmettä tarkasteltiin testiarkin kolmivärikuvasta.

## 5.2 Tuotantotehokkuutta kuvaavat mittaukset

Tuotantotehokkuutta mitattiin vaihtoaikojen, värinkulutuksen ja vaihdossa syntyvän hukkaväriin määrän suhteen.

### 5.2.1 Vaihtoajat

Vaihtoaikojen lyhentämisellä pyritään käytettävissä olevan tuotantoajan lisäämiseen ja tätä kautta tuotantomäärän nostamiseen. Koneella tehdään keskimäärin noin kolme ajonvaihtoa työvuoroa kohden. Vaihtoajat vaihtelevat suuresti ja ovat monen toisistaan riippumattoman tekijän summa. Yksittäisiä vaihtoja mittaamalla tulosten käyttökelpoisuus olisi jäänyt varsin olemattomaksi. Vaihtoaikojen mittaamiseksi käytettiin tuotannonseurantajärjestelmää sekä konemiehistön tekemää koneraportointia. Tuotannonseurantajärjestelmä ilmoittaa koneen käyntiajan sekunnin tarkkuudella. Vertailemalla tuotantoseisokkeja konemiehistön raportoimiin vaihtoaikoihin, saatiin selville vaihdoissa kulunut aika. Tietoja vertaamalla oli myös helppo karsia epäluotettavat vaihtoajat pois laskuista. Otoksiksi saatiin noin sata ajonvaihtoa ennen ja jälkeen investoinnin.

Nostotelajärjestelmällä käytetyt vaihtoajat on mitattu noin kuukauden ajalta ennen investoinnin rakennusvaiheen aloittamista. Kammiokaavarijärjestelmän vaihtoaikojen tutkiminen aloitettiin noin kaksi kuukautta sen jälkeen kun järjestelmä otettiin käyttöön.

### 5.2.2 Hukkaväriin määrä

Tässä tapauksessa hukkaväriksi lasketaan ajosta jäänyt painoväri, jota ei pystytä ottamaan talteen ennen väriä pesua. Mittauksessa nostettiin väri rasteritelalle ja välittömästi sen jälkeen aloitettiin väriin talteen otto. Talteen saatua värimäärää verrattiin ennen väriä nostoa punnittuun värimäärään.

### 5.2.3 Värin kulutus

Värin kulutusta mitattiin tuotantotilauksessa asettamalla väriastia vaa'an päälle ja seuraamalla, kuinka paljon väriä kuluu tiettyyn määrään painettuja arkkeja. Mittauksen luotettavuuden lisäämiseksi koetilaukseksi valittiin pitkä tilaus. Mittauksen otoskoko oli 9000 arkkiä, joka takasi luotettavan mittaustuloksen. Kammiokaavarijärjestelmällä käytettiin kolmatta väriryhmää, jossa telan teoreettinen värinanto on muita ryhmiä suurempi.

## 6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

### 6.1 Painatuslaatu

#### 6.1.1 Densiteetti

Densiteettejä vertailtaessa täytyy muistaa, ettei eri osavärien vertaaminen keskenään anna todenmukaista kuvaa laitteiston tai painovärin toimivuudesta. Esimerkiksi syyaanin densiteetti muodostuu poikkeuksetta magentan sekä keltaisen densiteettiä korkeammaksi. Taulukossa 2 on ilmoitettu eri osavärien tavoitedensiteetit. Arvot ovat suuntaa antavia.

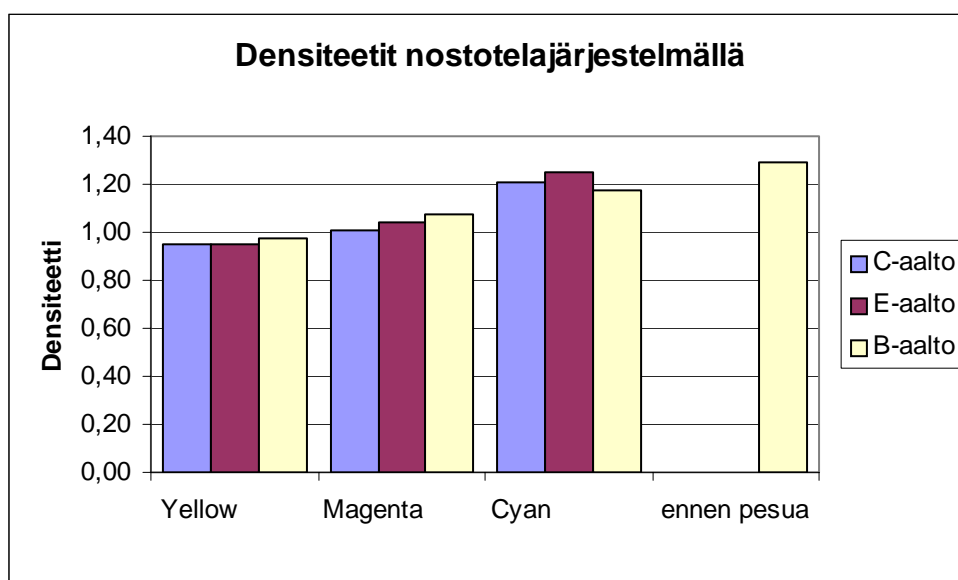
Taulukko 2 Osavärien tavoitedensiteetit aaltopahvin fleksopainatuksessa /6/

osaväri	Syaani	Magenta	Keltainen
tavoitedensiteetti	1,50 +/- 0,10	1,30 +/- 0,10	1,20 +/-0,10

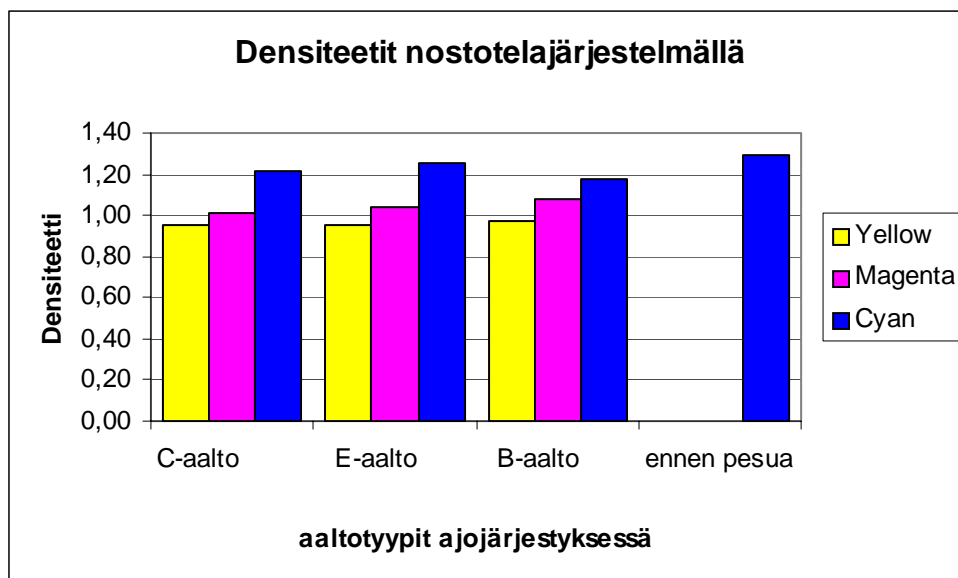
## 6.1.1.1 Nostotela

Kuvat 17 ja 18 esittävät densiteetti muutoksia nostotelajärjestelmällä. Kuvien tulokset ovat identtiset, mutta ne ovat esitetty vertailun helpottamiseksi kahdessa eri kuvassa.

Kolmannessa väriyhmässä ollut syaanin painolaatta tukkeutui kesken B-aaltoisten testiarkkien ajon, joten painolaatta jouduttiin pesemään kesken koeajon. Kuvissa ennen pesua mitattu densiteetti on ilmoitettu erillisenä pylväänä kaavion vasemmassa laidassa.



Kuva 17 Nostotelajärjestelmän antamat densiteetit osaväreittäin



Kuva 18 Nostotelajärjestelmän antamat densiteetit aaltotyypeittäin

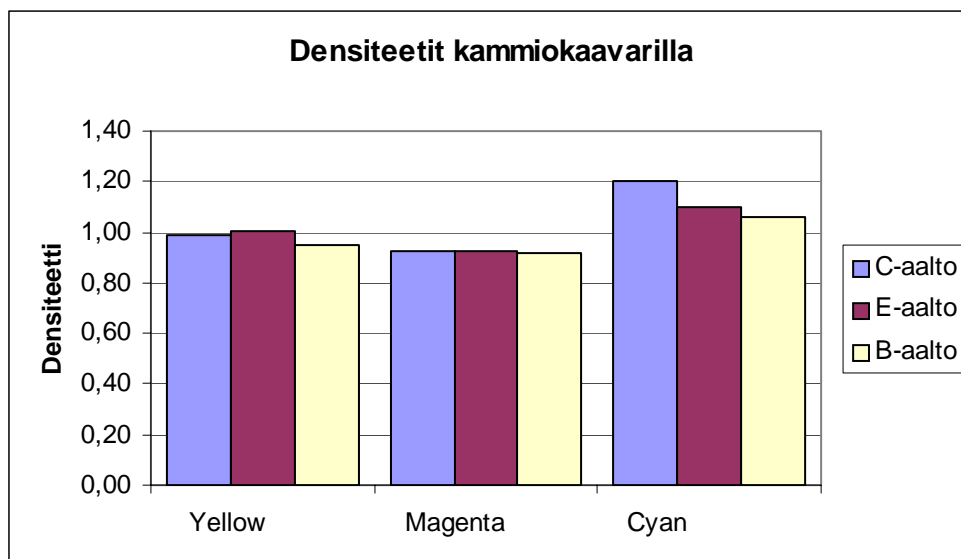
Kuvista 17 ja 18 voidaan nähdä, ettei aaltotyypillä ole suurtakaan vaikutusta painojäljen densiteettiin värinnostotelajärjestelmällä. Aaltotyyppiä enemmän vaikuttaa painoväriin kierrossa oloaika. Painoväristä haihtuu ajon aikana liuotainaineita, jolloin painoväriin suhteellinen pigmenttiosuus kasvaa ja painojäljen densiteetti kasvaa. Verrattaessa densiteetti-arvoja taulukossa 2 esitettyihin suuntaa antaviin tavoitearvoihin voidaan todeta, että arvot ovat hieman alhaisia mutta ideaalisessa suhteessa keskenään.

#### 6.1.1.2 Kammiokaavari

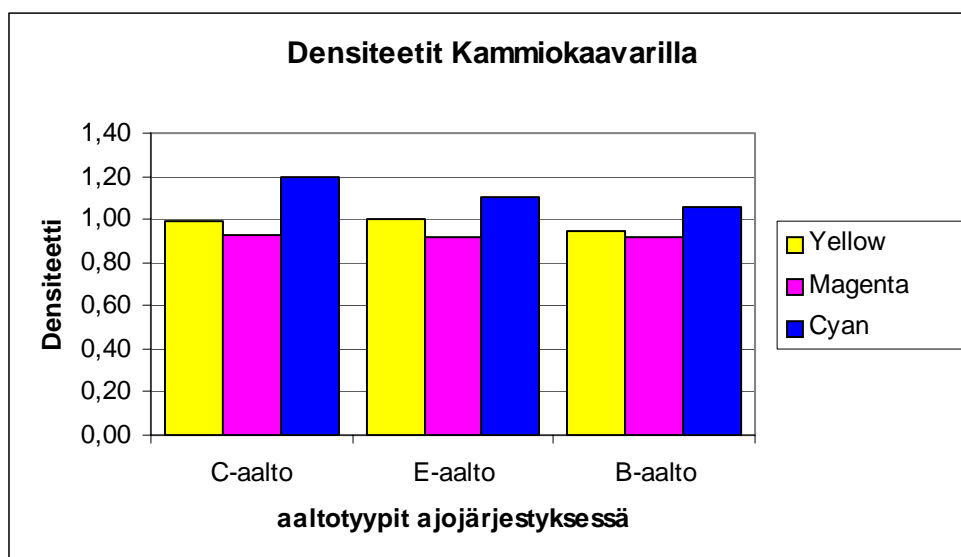
Kuvat 19 ja 20 esittävät osavärien densiteettejä kammiokaavarijärjestelmällä. Kammiokaavareilla suoritettussa koeajossa ei painolaattoja jouduttu kesken koeajon pesemään.

Koeajossa käytetyistä painoväreistä keltainen ja syaani olivat vanhaan vernissaan (TV 1) tehtyjä. Magenta oli tehty uusittuun vernissaan (TV 5).





Kuva 19 Kammiokaavarijärjestelmän antamat densiteetit osaväreittäin



Kuva 20 Kammiokaavarijärjestelmän antamat densiteetit aaltotyypeittäin

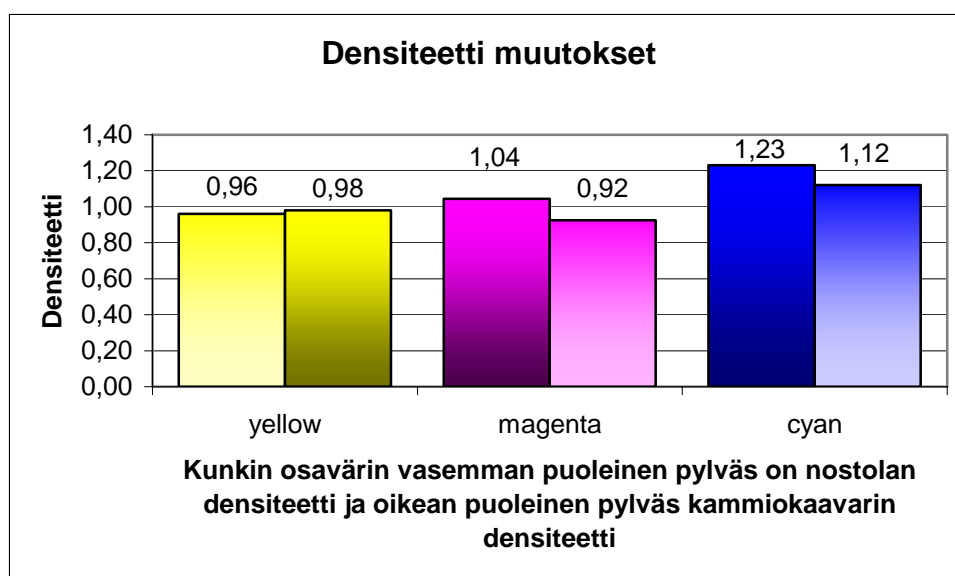
Kuvista 19 ja 20 voidaan vahvistaa nostotelajärjestelmällä havaittu tulos, ettei aaltotyypillä ole juurikaan vaikutusta painojäljen densiteettiin. Toisin kuin nostotelajärjestelmällä, kammiokaavareilla ajettaessa densiteetit laskevat värin kierrossa oloajan kasvaessa. Ilmiö on selkein syaanilla osavärillä, joka on sijoitettu kolmanteen väriryhmään. Syaaniin densiteetin laskua voidaan selittää suuremmalla annolla varustetun rasteritelan kupprien heikentyvällä tyhjentymisasteella. Toisena densiteettiä ajoajan myötä laskevana tekijänä voidaan pitää painovärin vaahtoutumista. Vaahtoutumista esiintyi syaanin lisäksi myös keltaisella värillä. Keltainen ja syaani väri olivat TV 1 -pohjaisia.

Magentalla vastaavaa densiteetin laskua ei tapahtunut. Uuteen vernissaan tehty väri säilyttää ominaisuutensa pidempään kuin TV 1 -pohjainen painoväri.

Syaanilla oli edelleen suurin densiteetti, mutta keltaisen densiteetti muodostui magentan densiteettiä suuremmaksi. Syynä tähän on painovärien vernissamuutoksesta johtuva peittävyysero.

### 6.1.1.3 Investoinnin vaikutus densiteettiin

Kuvasta 21 voidaan nähdä investoinnin vaikutus painojäljen densiteettiin. Kuvan densiteetti-arvot ovat eri aaltotyyppien densiteeteistä lasketut keskiarvot kullekin osaväriille nostotela- ja kammiokaavarijärjestelmillä.



Kuva 21 Keskimääräiset densiteetit nostotela- ja kammiokaavarijärjestelmillä

#### Keltainen: väriyhmä 1

Keltainen oli ainoa osaväri, jonka densiteetti nousi. Densiteetin nousua voidaan selittää 1 painoryhmän rasteritelan uusinnalla sekä ryhmän telojen keskinäisellä kohdistamisella. Kuluneen rasteritelan vaihtaminen on lisännyt värinantoa, joka puolestaan nostaa painopinnan värikerroksen paksuutta. Värikerroksen paksuus on suurin yksittäinen vaikuttaja densiteettiä mitattaessa. Investoinnin aikana myös

jokaisen väriyhmän telojenväliset välykset säädettiin. Todennäköisesti ensimmäisen väriyhmän asetuksissa oli ollut huomattavaa heittoa. Välysten säätö on mahdollistanut optimaalisemman värinsiirron ja tasaisemman puristuksen arkin eri kohtiin.

#### Magenta: väriyhmä 2

Magentan densiteetti laski 0,2 yksikköä investoinnin johdosta. Densiteetin lasku oli odotettavissa johtuen siirtyvän värimäärän pientymisestä. Toistaiseksi on vaikea verrata uuteen ja vanhaan vernissaan tehtyjen värien peittävyyseroja kammiokaavareilla ajettaessa. Yleinen mielipide kuitenkin on, ettei uuteen vernissaan tehtyjen värien peittokyky vastaa aiemmin käytössä olleiden värien peittokykyä.

#### Syaani: väriyhmä 3

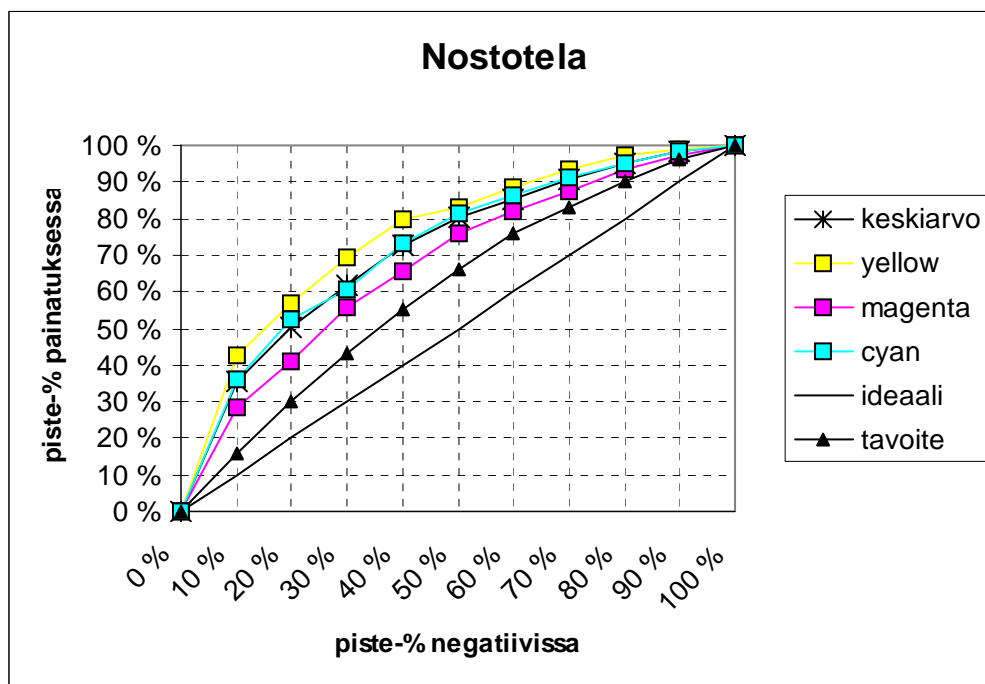
Investoinnissa pyrittiin kompensoimaan kaavarien aiheuttamaa siirtyvän värimäärän vähentymistä vaihtamalla viimeisen painoryhmään rasteritela. Sen teoreettinen värinanto on  $2 \text{ cm}^3/\text{m}^2$  suurempi kuin aiemmin käytetyn rasteritelan. Vertailtaessa kuvien 18 ja 20 syaanin densiteettiä ensiksi ajettulle C-aallolle, huomataan densiteettien olleen lähes yhtä korkeat koeajojen alussa. Aikaisemmin mainittujen värien käyttäytymiserojen ja rasteritelan tyhjentymisasteen heikentymisen johdosta syaanin densiteetit kehittyvät koeajojen edetessä vastakkaisiin suuntiin.

### 6.1.2 Paino-ominaiskäyrä

Paino-ominaiskäyrällä pyritään selvittämään kuinka tarkasti painokone kykenee toistamaan negatiiville luodun kuvan. Kuvissa 22 ja 23 tarkastellaan nostotela- ja kammiokaavijärjestelmillä koeajoissa saatuja tuloksia. Tuloksia ei ole vertailtu aaltotyypeittäin. Tulokset ovat eri aaltotyyppien tuloksista laskettuja keskiarvoja. Kuvat 24-27 käsittelevät investoinnilla aikaansaatuja muutoksia osaväri- ja painoryhmäkohtaisesti.

## 6.1.2.1 Nostotela

Kuvassa 22 on kuvattu eri osavärien paino-ominaiskäyrät nostotelajärjestelmällä ajetussa koeajossa. Mittauksia tarkasteltaessa on syytä muistaa, että kolmannessa väriyhmässä ollut syaanin painolaatta oli pestävä kesken koeajon. Ominaiskäyriässä on käytetty pesun jälkeen ajettujen arkkiä antamia sävyntoistoarvoja.



Kuva 22 Nostotelajärjestelmän paino-ominaiskäyrä

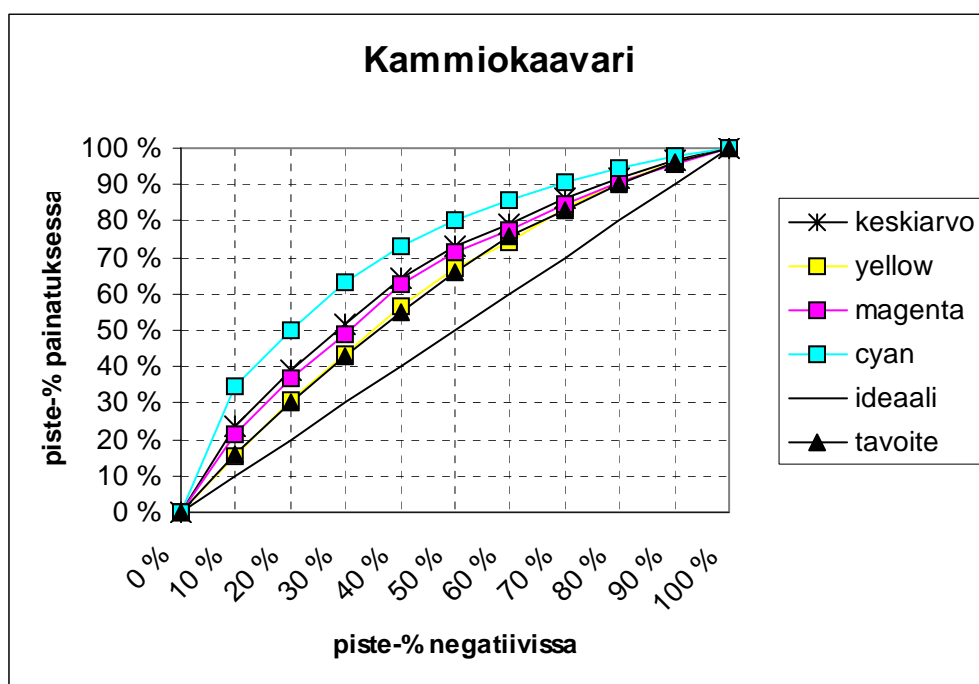
Kuvasta 22 huomataan kuinka heikko sävyntoisto ensimmäiseen ryhmään sijoitetulla keltaisella oli. Varsinkin vaaleiden sävyjen toistossa oli suuria ongelmia.

Toisessa painoryhmässä olleella magentalla oli selvästi paras sävyntoisto. Tummissa sävyissä se pääsi jopa melko lähellä asetettuja tavoitearvoja.

Kolmannen ryhmän syaanin ominaiskäyrä mukailee melko tarkasti järjestelmän keskiarvoa. Suurimmat poikkeamat tavoitearvoihin syntyvät vaaleilla sekä keskisävyillä.

## 6.1.2.2 Kammiokaavari

Kuvassa 23 on kuvattu kammiokaavareilla ajetuista koeajoarkeista mitatut paino-ominaiskäyrät. Kammiokaavareita käytettäessä koeajo voitiin suorittaa ilman ylimääräistä painolaatan pesua. Järjestelmän vaihdoksen lisäksi toisella väriryhmällä eli magentalla muuttujana oli painovärin koostumus.



Kuva 23 Kammiokaavarijärjestelmän paino-ominaiskäyrä

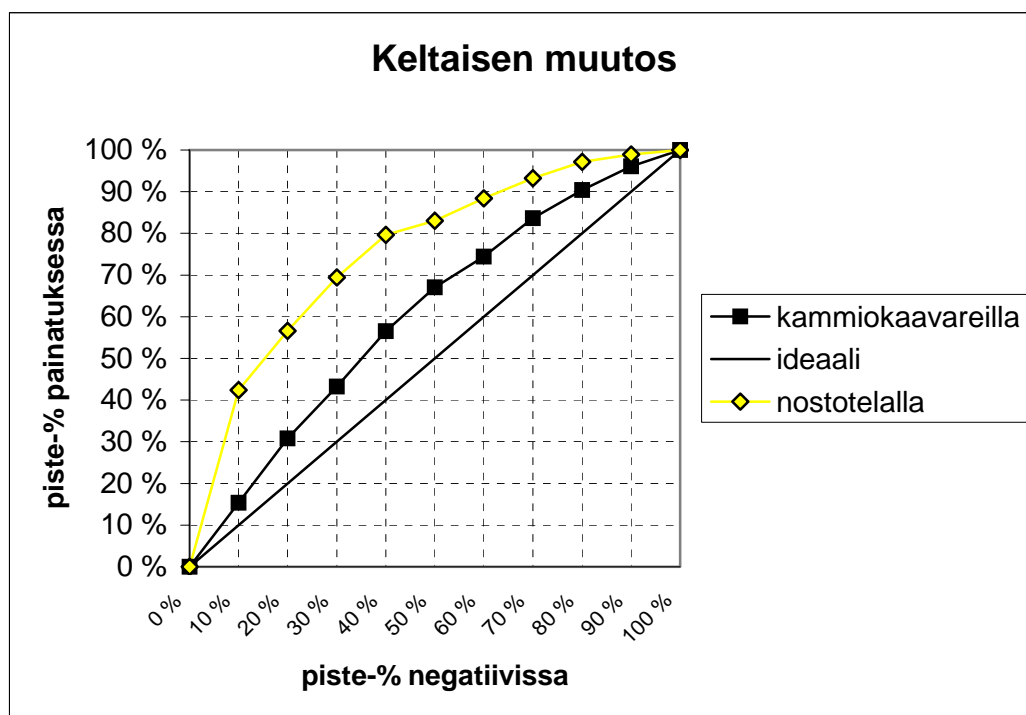
Ensimmäiseen painoryhmään sijoitetulla keltaisella oli paras sävyntoisto. Se kulkee lähes identtisesti tavoitekäyrän kanssa. Yllättävää oli, miten hyvin se toisti vaaleat sävyt, jotka ovat yleensä fleksolla painettaessa vaikeita.

Myös toisessa painoryhmässä ollut magenta toisti sävyjä melko hyvin. Tummien sävyjen osalta myös se pääsi hyvin lähelle tavoitearvoja.

Kammiokaavareita käytettäessä syaani jäi selkeästi kauimmaksi tavoitearvoista. Vaaleilla sävyillä ero tavoitearvoon on suurimmillaan.

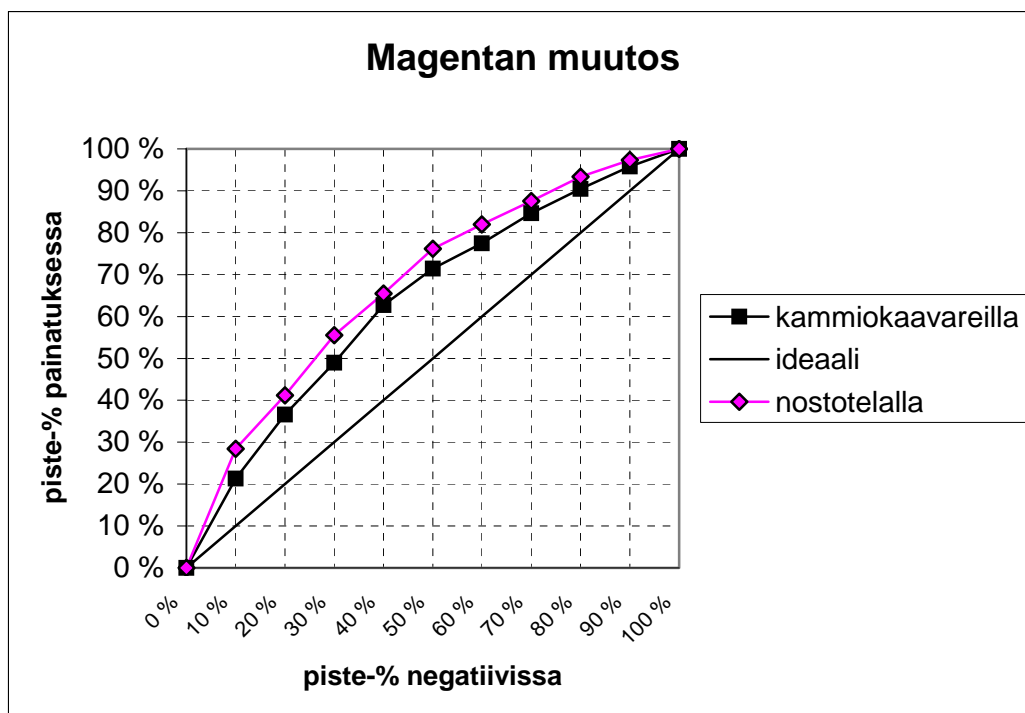
### 6.1.2.3 Investoinnin vaikutus paino-ominaiskäyriin

Kuvissa 24-26 on investoinnin aikaansaamat muutokset eroteltu osavärikohtaisiksi. Kuvassa 27 on eri osavärien paino-ominaiskäyrät yhdistetty järjestelmäkohtaisiksi keskiarvoiksi.



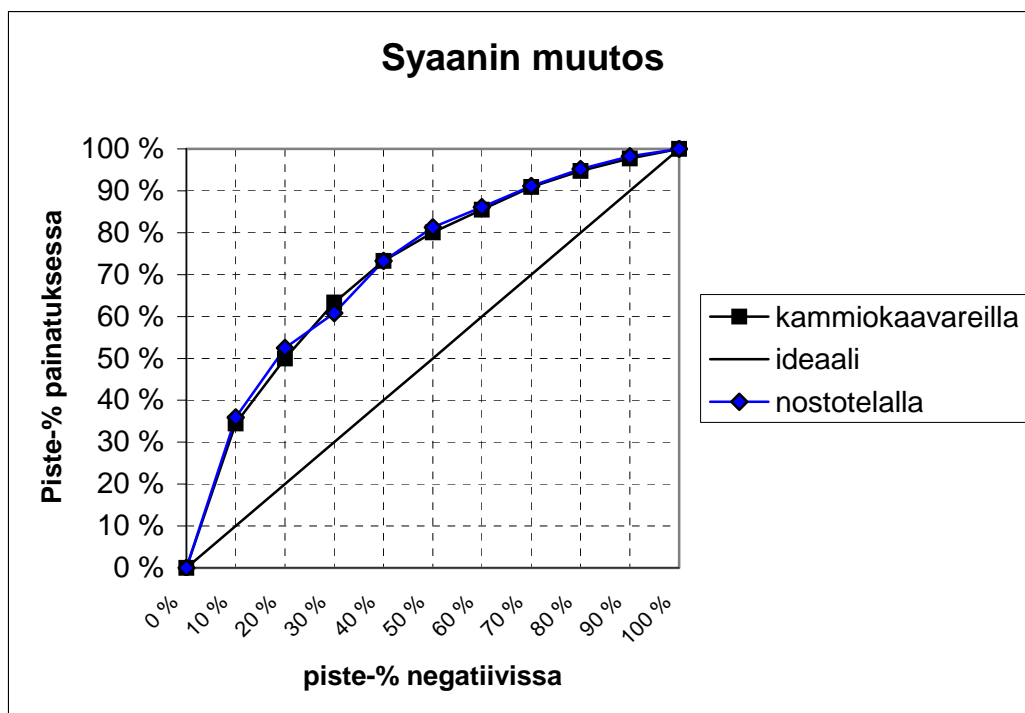
Kuva 24 Keltaisen osaväriin sävyntoiston kehitys investoinnissa

Keltaisen paino-ominaiskäyrässä on tapahtunut erittäin selkeä parannus. Parannusta osattiin odottaa, mutta minkään yksikön kohdalta sen ei uskottu olevan näin suuri. Kuten jo densiteettimuutoksia käsiteltäessä todettiin, suurin syy ensimmäisen ryhmän mittaustulosten parantumiseen on ryhmän telojen keskinäisten puristusten säätöjen korjaus.



Kuva 25 Magentan osavärin sävyntoiston kehitys investoinnissa

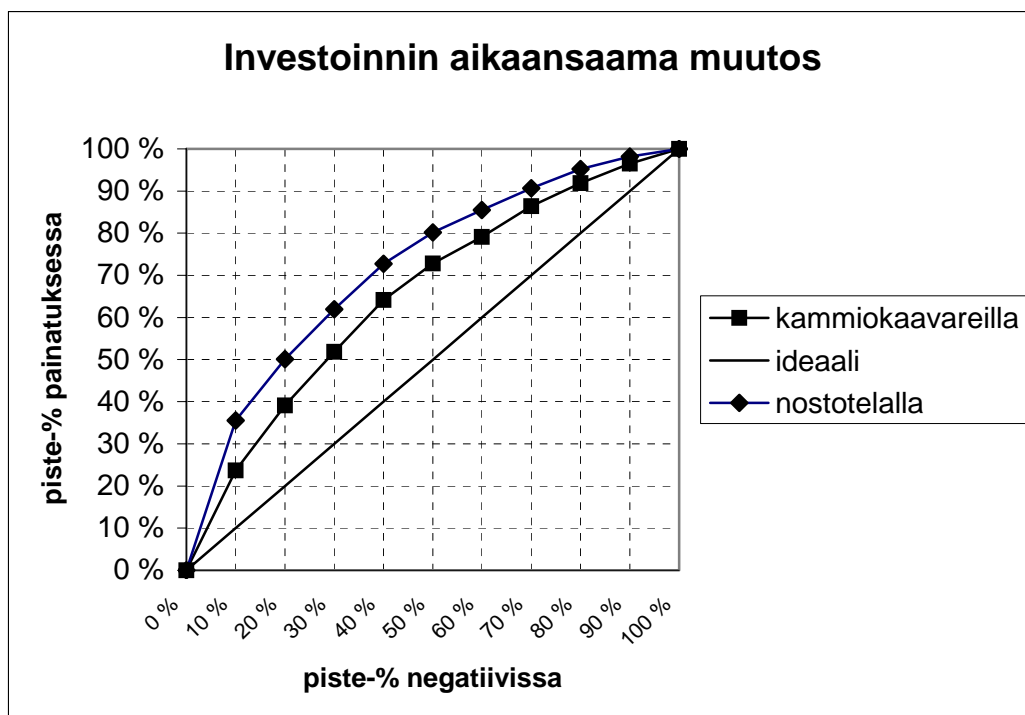
Myös magentan sävyntoisto on hieman parantunut investoinnissa. Parannus olisi ollut selkeämpi, mikäli kammiokaavareilla ajettaessa olisi käytetty vanhaan vernissaan (TV 1) tehtyä väriä. Uuteen vernissaan tehtyjen värien lähtöviskositeetti on pisteenkasvun optimoimisen kannalta liian alhainen. Optimaalinen painovärin viskositeetti pisteenkasvun kannalta on yli 25 sekuntia. Ajettavuuden kannalta optimaalinen viskositeetti on noin 20 sekuntia. Koeajossa magentan viskositeetti oli noin 18 sekuntia läpi koko koeajon.



Kuva 26 Syaanin osavärin sävyntoiston kehitys investoinnissa

Toisin kuin muilla osaväreillä ei syaanin sävyntoisto ole parantunut. Oli odotettavissa, ettei kolmannen ryhmän sävyntoisto parantuisi yhtä paljon kuin muiden ryhmien. Kuitenkin sen uskottiin parantuvan noin kahdella prosenttiyksiköllä. Kammiokaavareiden aikaan saama parannus on eliminoitu nostamalla rasteritelan teoreettista värinantoa. Liite 7 havainnollistaa, että suurin pisteenkasvu oli E-aaltoisella koeajoarkilla. Tästä voi päätellä, että ryhmän puristussäädöt ovat heikentyneet tai siirtyvä värimäärä ei sovellu E-aallolle.





Kuva 27 Investoinnin vaikutus sävyntoistoon

Kuvasta 27 voidaan havaita sävyntoiston parantuneen noin 8 %-yksikköä. Tämä parannus on hyvin lähellä odotuksia. Sävyntoiston parannus olisi jäänyt noin 4 %-yksikköön, mikäli ensimmäisen väriryhmän säädöt olisivat olleet kunnossa nostotelajärjestelmällä ajatussa koeajossa. Näin ajateltuna investointi paransi sävyntoistoa vain 4 %-yksikköä, mikä ei vastaa investoinnille asetettuja odotuksia.

### 6.1.3 Visuaalinen vertailu

Taulukko 2 Visuaalisen paremmuusvertailun tulokset

	parempi peittävyys	parempi yksityiskohtien toisto	parempi yleisvaikutelma
<b>henkilö 1</b>	nostotelalla	kammiokaavarilla	kammiokaavarilla
<b>henkilö 2</b>	nostotelalla	kammiokaavarilla	kammiokaavarilla
<b>henkilö 3</b>	nostotelalla	kammiokaavarilla	kammiokaavarilla

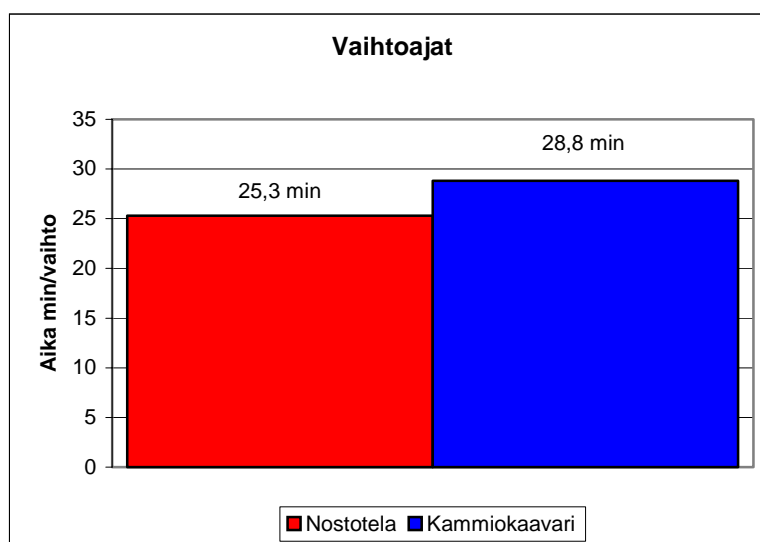
Visuaalisen paremmuusvertailun tulokset ovat varsin yksiselitteiset. Peittävyiden heikentymistä osattiin odottaa samoin kuin yksityiskohtien ja yleisvaikutelman

parannusta. Taulukossa 2 esitetyt tulokset tuskin olisivat muuttuneet, vaikka vertailtava osaväri tai testiarkin aaltotyyppi olisi vaihdettu.

## 6.2 Tuotantotehokkuus

### 6.2.1 Vaihtoajat

Kuvassa 28 on esitetty investoinnin toistaiseksi aikaansaama vaihtoaikojen muutos. Koska painatusosalla tehtävät toimenpiteet ovat vain yksi vaihdon kokonaisuikaan vaikuttavista tekijöistä, ei varmuudella voida sanoa, että juuri painatusosan investoinnit ovat hidastaneet vaihtoja. On myös syytä todeta, ettei vaihdettavien värien lukumäärää ole otettu huomioon vaihtoajoja mitattaessa.



Kuva 28 Investoinnin vaikutus vaihtoaikoihin

Toisin kuin odotettiin investointi kasvatti vaihtoon käytettyä aikaa. Vaihtoaikojen odotettiin pienentyvän noin 5 minuuttia/vaihto. Suurimpana syynä vaihtoaikojen kasvuun voidaan pitää pesujen epäluotettavaa toimintaa. Pesuvesien lattialle virtaaminen on pakottanut koneenhoitajan valvomaan pesujen etenemistä. Mikäli pesujärjestelmään voisi luottaa, kykenisi koneenhoitaja pesujen aikana tekemään muita vaihtoon kuuluvia toimenpiteitä.

## 6.2.2 Hukkaväri

Taulukossa 3 on esitetty värien pesuissa syntyvän hukkavärimäärän muutosta investoinnissa. Nostotelajärjestelmällä hukkavärimäärä riippuu siitä kuinka kauan koneenhoitaja valuttaa painoväriä takaisin väriastian.

Kammiokaavarijärjestelmällä hukkavärimäärä riippuu pumppujen asetuksista. Yritettäessä pienentää hukkavärimäärää kuitenkin lisäämättä pesuihin käytettävää aikaa, on vaara, että pesuvettä pääsee painovärim mukana väriastian.

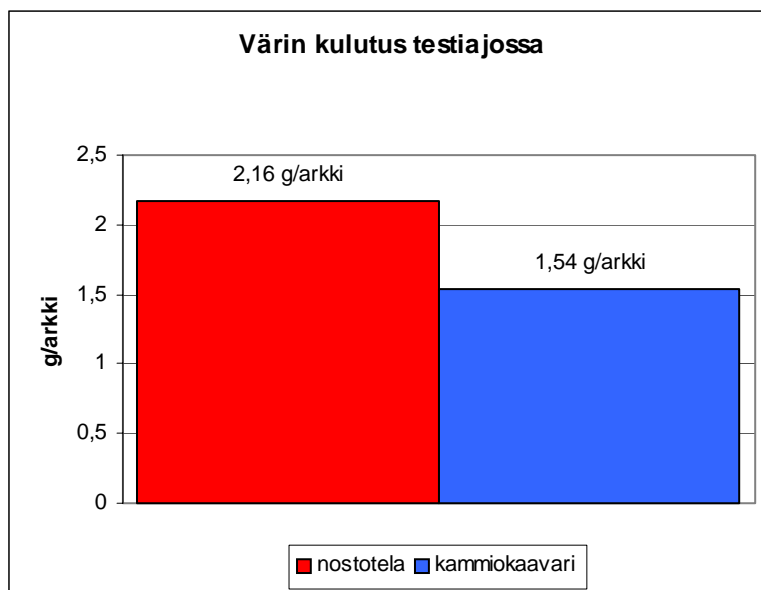
Taulukko 3 Hukkavärimäärä sekä pesuissa väriastian päässyt vesi

	<b>hukkavärimäärä/pesu</b>	<b>väriastian päässyt ylimääräinen vesi</b>
<b>nostotela</b>	2,8 kg	0,0 kg
<b>kammiokaavari</b>	1,6 kg	0,08 kg

Vaikka hukkavärimäärä onkin selvästi vähentynyt, on se silti odotettua suurempi. Kammiokaavarin putkistossa on kohtia, joista väri ei pääse virtaamaan takaisin astiaan. Näiden kohtien poistaminen vähentäisi hukkavärimäärää noin 100 grammaa.

## 6.2.3 Värim kulutus

Kammiokaavarijärjestelmän värim kulutus oli mahdollista mitata vasta kun uudistettuun vernissaan tehdyt värit otettiin käyttöön. Aiemmin käytössä ollut väri vaahtosi kammiokaavareita käytettäessä niin nopeasti, ettei värim kulutuksen mittaamiseksi riittävän kattavaa mittausta voitu suorittaa. Kuvan 29 tulokset ovat mitattu PMS-sävystä 356.



Kuva 29 Investoinnin vaikutus värin kulutukseen

Värin kulutuksen vähentyminen oli odotettua suurempi. Testiajossa ajettujen arkkiensa tiheyttä ei mitattu, mutta silmämääräisesti arvioituna painojäljen tiheys ei juurikaan kärsinyt siirtyneen värimäärän vähentymisestä.

## 7 TULOSTEN YHTEENVETO

Tässä työssä tutkittiin aaltopahvinjalostuskoneen painatusosaan tehdyn investoinnin vaikutuksia painojälkeen ja tuotantotehokkuuteen. Investoinnissa nostotelavärinsiirtojärjestelmä korvattiin kammiokaavarijärjestelmällä. Lisäksi vektorissakuljetin vaihdettiin imuilmakuljettimeen.

Työssä todettiin painatusjäljen parantuneen sävyn- ja yksityiskohtien osalta. Tiheyden lasku ja peittävyys heikentyminen kuitenkin heikensivät painojäljen laatua.

Hukkavärimäärä ja värin kulutus pienenevät investoinnin myötä, mutta tuotantotehokkuutta heikensi vaihtoaikojen kasvu.

## 8 EHDOTUKSIA JATKOTOIMENPITEILLE

Investoinnin voidaan sanoa parantaneen koneen painatusjälkeä huomattavasti. Sävyntoiston parantuminen sekä painojäljen reunojen terävöityminen mahdollistavat entistä vaativampien painotöiden suorittamisen FB 2000:lla. Toisaalta täytyy muistaa, että suurin osa koneella ajetuista ajoista on edelleen rasteroimattomia kompaktipainatuksia ja tekstejä. Kompaktipintojen peittävyys on kriittinen laatusuure aaltopahvin painatuksessa. Peittävyteen onkin jatkossa syytä kiinnittää huomiota. Painovärin toimivuus ratkaisee suurelta osin painojäljen peittävyuden. Uuden vernissan käyttö on parantanut koneen ajettavuutta huomattavasti, vaikkakin sen ominaisuuksissa on vielä kehittämistä. Esimerkiksi värin saostumien muodostumisen ehkäisy on koneen käytettävyyden kannalta ensiarvoisen tärkeää. Saostumien ehkäisyyn ratkaisu saattaa löytyä myös laitteen putkistojen virtauksien optimoinnilla.

Toistaiseksi kammiokaavareiden käyttö on vaatinut konemiestöltä entistä tarkempaa laaduntarkkailua. Järjestelmässä ei ole anturia, joka ilmoittaisi värin kierrossa olevista häiriöistä, esimerkiksi putkiston tukoksesta tai värin loppumisesta. Kaavarin terään jäänyt epäpuhtaus puolestaan aiheuttaa laikkuja painojälkeen. Koska värinkiertojärjestelmässä ei ole suodattimia, on epäpuhtauksien tai saostumien paikallistaminen ja syntymisen syiden selvitys vaikeaa.

Silmämääräisen arvion perusteella osavärien rekisteri on säilynyt paremmin imuilmakuljettimen ansiosta. Kohdistuksen kehittämiseksi onkin syytä kiinnittää huomiota flekso-osan syöttöpöydän toimintaan.

Vaihtoaikojen pienentäminen olisi syytä aloittaa varmistamalla pesujen toiminta. Laitteiston luotettavuus ei ole vielä tasolla, jolla laitteiston automatisoinnin antamat mahdollisuudet saataisiin hyödynnettyä. Tehokkaimmin vaihtoajoja saisi karsittua investoimalla stanssausosalle formun esivalmistelulaite.

Päällystämättömiä laatuja ajettaessa ei värin kuivumisaika ole muodostunut ongelmaksi. Päällystettyjä laatuja ajettaessa värin kuivumisaika on säädettävä

erittäin tarkasti painatuksen tahriintumisen välttämiseksi. Mikäli päällystettyjen laatujen ajaminen yleistyy, on syytä harkita kuivaimien hankkimista painoryhmien välille. Kuivaimien käyttö vähentäisi painoväriin kuivumisnopeuden säätöön kulunutta aikaa.

Pahvipölyn kertyminen arkilta painolaatalle on yleisin syy kesken ajon tehtävään painolaatan pesuun. Pölyn poistamiseksi arkin pinnasta on kehitetty useita menetelmiä. Yksinkertaisimmillaan pölyn poistaminen tapahtuu asettamalla harjatela ensimmäisen väriyhmän edelle. Tällä pienellä muutoksella saatettaisiin saavuttaa parannusta tuotantotehokkuuteen sekä painatuslaatuun.

Jatkotoimenpiteenä ehdottaisin mittausten uusimista lähitulevaisuudessa. Mittausten uusinnalla saataisiin laajempi käsitys investoinnin aiheuttamista prosessin muutoksista sekä voitaisiin todeta, ovatko tehdyt kehitystoimenpiteet vieneet prosessia toivottuun suuntaan.

## LÄHDELUETTELO

1. Laakso, Osmo – Rintamäki, Taisto, Aaltopahvin valmistus ja jalostus. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä 2000.
2. Saarinen, Irmeli, Värinmittauslaitteiston hyödyntäminen aaltopahvipainatuksessa. Insinööriyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Prosessitekniikan osasto. Tampere 1997. 5 -16 s.
3. Punkka, Marjatta, Ohuen painolevyn ja joustotaustan käyttö päällystetyn aaltopahvin flexopainatuksessa. Diplomityö. Prosessi- ja materiaalitekniikan osasto. Espoo 1994. 3 – 11 s.
4. Peterson Packaging Oy. [www-sivu]. [viitattu 15.7.2006]. Saatavissa: <http://www.petersonpackaging.fi/>
5. J. Bobst & Fils S.A. Manuaali. Peterson Packaging Oy.
6. Tekniset laatusuositukset 2005. [www-sivu]. [Viitattu 21.8.2006]. Saatavissa: [http://www.viestinet.org/liitetiedostot/GT/wwwSuomi/16/27/tekniset\\_laatusuositukset\\_2005.p](http://www.viestinet.org/liitetiedostot/GT/wwwSuomi/16/27/tekniset_laatusuositukset_2005.p)
7. Viitaharju, Päivi, Graafinen tekniikka. Kurssimateriaali. Tampereen ammattikorkeakoulu. Paperitekniikanosasto. Tampere 2005
8. Gretac-Macbeth AG. [www-sivu]. [viitattu 6.9.2006]. Saatavissa: <http://www.gretagmacbeth.cz/pristroje-densieye-700-c>
9. Wintek-Machinery S.p.A. [www-sivu]. [viitattu 18.7.2006]. Saatavissa: <http://www.wintek-machinery.it/>
10. Absolute Engineering Limited. Manuaali. Peterson Packaging Oy.
11. Wintek-Machinery S.p.A. Manuaali. Peterson Packaging Oy.
12. Puukko, Pasi, Vesipohjaisen fleksopainoväriin kuivuminen päällystetyn paperin ja kartongin yksiväripainatuksessa. Diplomityö. Espoo 1996. 26 – 27 s.
13. Perehdyttämismateriaali. [sähköinen dokumentti]. Peterson Packaging Oy:n intranet. [viitattu 18.7.2006].
14. Jokisen, Juhani, Flexopainovärit. [sähköpostiviesti]. 9.4.2006

**KOEAJOT 21.12.2005 DENSITEETTI (Nostotelavärinsiirtojärjestelmä)**

		1	2	3	4	5	6	ka	hajonta
<b>C valk</b> testiarkki 1	Yellow	0,91	0,90	0,97	1,27	0,92	0,89	0,98	0,15
	Magenta	0,96	1,06	1,11	0,97	1,01	0,99	1,02	0,06
	Cyan	1,21	1,25	1,21	1,21	1,28	1,26	1,24	0,03

		1	2	3	4	5	6	ka	
testiarkki 2	Yellow	0,88	0,89	0,99	0,89	0,99	0,94	0,93	0,05
	Magenta	0,99	1,02	1,01	1,01	0,99	1,02	1,01	0,01
	Cyan	1,16	1,16	1,22	1,17	1,20	1,20	1,19	0,03

		1	2	3	4	5	6	ka	
<b>E valk</b> testiarkki 1	Yellow	0,90	0,92	0,99	0,87	0,87	0,96	0,92	0,05
	Magenta	0,98	1,02	0,95	0,99	1,07	1,02	1,01	0,04
	Cyan	1,18	1,15	1,16	1,20	1,27	1,45	1,24	0,11

		1	2	3	4	5	6	ka	
testiarkki 2	Yellow	0,98	1,00	0,97	0,98	0,99	0,98	0,98	0,01
	Magenta	1,06	1,10	1,08	1,09	1,06	1,07	1,08	0,02
	Cyan	1,27	1,31	1,26	1,25	1,24	1,27	1,27	0,02

		1	2	3	4	5	6	ka	
<b>B valk</b> testiarkki 1	Yellow	0,96	0,95	0,99	1,00	0,96	0,99	0,98	0,02
	Magenta	1,08	1,11	1,08	1,04	1,07	1,12	1,08	0,03
	Cyan	1,21	1,19	1,14	1,17	1,18	1,15	1,17	0,03
	Cyan ep *	1,20	1,27	1,20	1,20	1,27	1,58	1,29	0,15

		1	2	3	4	5	6	ka	
testiarkki 2	Yellow	0,97	1,02	0,97	0,93	0,98	0,98	0,98	0,03
	Magenta	1,07	1,08	1,09	1,09	1,03	1,07	1,07	0,02
	Cyan	1,15	1,19	1,16	1,17	1,13	1,22	1,17	0,03
	Cyan ep *	1,22	1,23	1,08	1,29	1,54	1,45	1,30	0,17

\* Ennen painolaatan pesua



**KOEAJOT 24.5.2006 DENSITEETTI (Kammiokaavarivärinsiirtojärjestelmä)**

		1	2	3	4	5	6	ka	hajonta
<b>C valk</b> testiarkki 1	Yellow	1,03	0,98	1,05	1,02	1,03	1,01	1,02	0,02
	Magenta	0,94	0,94	0,93	0,89	0,96	0,90	0,93	0,03
	Cyan	1,21	1,21	1,12	1,27	1,16	1,21	1,20	0,05

		1	2	3	4	5	6	ka	
testiarkki 2	Yellow	0,93	0,98	1,02	0,90	0,97	0,99	0,97	0,04
	Magenta	0,94	0,92	0,93	0,91	0,95	0,94	0,93	0,01
	Cyan	1,19	1,18	1,21	1,20	1,19	1,24	1,20	0,02

		1	2	3	4	5	6	ka	
<b>E valk</b> testiarkki 1	Yellow	1,10	1,00	1,01	0,91	1,11	1,07	1,03	0,08
	Magenta	0,94	0,94	0,93	0,94	0,92	0,93	0,93	0,01
	Cyan	1,11	1,17	1,12	1,12	1,18	1,16	1,14	0,03

		1	2	3	4	5	6	ka	
testiarkki 2	Yellow	0,98	0,96	0,95	0,96	0,96	1,00	0,97	0,02
	Magenta	0,92	0,91	0,92	0,92	0,90	0,92	0,92	0,01
	Cyan	1,06	1,03	1,05	1,03	1,08	1,06	1,05	0,02

		1	2	3	4	5	6	ka	
<b>B valk</b> testiarkki 1	Yellow	0,96	0,98	0,96	0,97	0,98	1,01	0,98	0,02
	Magenta	0,92	0,91	0,93	0,95	0,95	0,92	0,93	0,02
	Cyan	1,04	1,07	1,07	1,05	1,10	1,07	1,07	0,02

		1	2	3	4	5	6	ka	
testiarkki 2	Yellow	0,92	0,92	0,93	0,92	0,93	0,90	0,92	0,01
	Magenta	0,91	0,90	0,93	0,92	0,90	0,90	0,91	0,01
	Cyan	1,06	1,03	1,09	1,04	1,06	1,08	1,06	0,02

## KOEAJOT 21.12.2005 PAINO-OMINAISKÄYRÄ (Nostotelavärinsiirtojärjestelmä)

## C-aalto valkoinen

	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	DENSIT. 100 %
<b>yellow</b>	31 %	48 %	72 %	78 %	79 %	83 %	88 %	95 %	98 %	0,90
testiark.1	32 %	53 %	71 %	79 %	82 %	85 %	89 %	96 %	98 %	0,90
	32 %	50 %	64 %	79 %	79 %	85 %	88 %	95 %	100 %	0,87
	39 %	52 %	64 %	81 %	80 %	84 %	92 %	100 %	98 %	0,90
testiark.2	40 %	50 %	65 %	80 %	79 %	84 %	91 %	96 %	98 %	0,92
	38 %	51 %	65 %	79 %	81 %	86 %	91 %	96 %	99 %	0,90
KA	35 %	51 %	67 %	79 %	80 %	85 %	90 %	96 %	99 %	
<b>kasvu / ka</b>	<b>25 %</b>	<b>31 %</b>	<b>37 %</b>	<b>39 %</b>	<b>30 %</b>	<b>25 %</b>	<b>20 %</b>	<b>16 %</b>	<b>9 %</b>	<b>26 %</b>
<b>magenta</b>	26 %	40 %	52 %	59 %	72 %	78 %	87 %	91 %	97 %	1,02
testiark.1	21 %	34 %	46 %	56 %	69 %	76 %	83 %	93 %	97 %	0,98
	20 %	41 %	49 %	54 %	70 %	76 %	87 %	91 %	97 %	0,98
	27 %	38 %	56 %	63 %	72 %	77 %	84 %	92 %	96 %	1,00
testiark.2	33 %	38 %	55 %	64 %	75 %	78 %	81 %	92 %	97 %	0,97
	28 %	40 %	56 %	66 %	73 %	79 %	84 %	90 %	97 %	0,98
KA	26 %	39 %	52 %	60 %	72 %	77 %	84 %	92 %	97 %	
<b>kasvu / ka</b>	<b>16 %</b>	<b>19 %</b>	<b>22 %</b>	<b>20 %</b>	<b>22 %</b>	<b>17 %</b>	<b>14 %</b>	<b>12 %</b>	<b>7 %</b>	<b>17 %</b>
<b>cyan</b>	37 %	53 %	35 %	79 %	86 %	89 %	93 %	98 %	100 %	1,22
testiark.1	33 %	55 %	61 %	77 %	87 %	88 %	94 %	97 %	100 %	1,20
	37 %	55 %	64 %	77 %	84 %	89 %	94 %	98 %	100 %	1,22
	39 %	61 %	64 %	74 %	82 %	87 %	90 %	97 %	100 %	1,16
testiark.2	38 %	59 %	66 %	74 %	84 %	87 %	88 %	91 %	97 %	1,13
	42 %	55 %	64 %	71 %	82 %	86 %	91 %	96 %	100 %	1,15
KA	38 %	56 %	59 %	75 %	84 %	88 %	92 %	96 %	100 %	
<b>kasvu / ka</b>	<b>28 %</b>	<b>36 %</b>	<b>29 %</b>	<b>35 %</b>	<b>34 %</b>	<b>28 %</b>	<b>22 %</b>	<b>16 %</b>	<b>10 %</b>	<b>26 %</b>

## KOEAJOT 21.12.2005 PAINO-OMINAISKÄYRÄ (Nostotelavärinsiirtojärjestelmä)

## E-aalto valkoinen

	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	DENSIT. 100 %
<b>yellow</b>	33 %	47 %	66 %	73 %	81 %	82 %	95 %	98 %	99 %	0,90
testiark.1	40 %	55 %	71 %	84 %	83 %	88 %	95 %	98 %	99 %	0,89
	33 %	54 %	70 %	83 %	83 %	87 %	95 %	97 %	100 %	0,89
	22 %	33 %	45 %	63 %	75 %	83 %	89 %	95 %	98 %	1,00
testiark.2	20 %	34 %	48 %	63 %	74 %	82 %	89 %	93 %	98 %	1,00
	23 %	37 %	50 %	67 %	75 %	84 %	89 %	95 %	98 %	0,99
KA	29 %	43 %	58 %	72 %	79 %	84 %	92 %	96 %	99 %	
<b>kasvu / ka</b>	<b>19 %</b>	<b>23 %</b>	<b>28 %</b>	<b>32 %</b>	<b>29 %</b>	<b>24 %</b>	<b>22 %</b>	<b>16 %</b>	<b>9 %</b>	<b>22 %</b>
<b>magenta</b>	26 %	43 %	53 %	69 %	82 %	88 %	93 %	96 %	99 %	0,97
testiark.1	34 %	45 %	60 %	73 %	88 %	89 %	96 %	98 %	99 %	0,97
	26 %	41 %	59 %	70 %	81 %	91 %	93 %	96 %	99 %	0,95
	34 %	48 %	57 %	70 %	75 %	82 %	89 %	95 %	98 %	1,06
testiark.2	28 %	46 %	58 %	69 %	76 %	83 %	89 %	95 %	98 %	1,06
	30 %	41 %	55 %	70 %	77 %	83 %	89 %	95 %	98 %	1,05
KA	30 %	44 %	57 %	70 %	80 %	86 %	92 %	96 %	99 %	
<b>kasvu / ka</b>	<b>20 %</b>	<b>24 %</b>	<b>27 %</b>	<b>30 %</b>	<b>30 %</b>	<b>26 %</b>	<b>22 %</b>	<b>16 %</b>	<b>9 %</b>	<b>23 %</b>
<b>cyan</b>	34 %	52 %	66 %	81 %	87 %	89 %	97 %	99 %	100 %	1,19
testiark.1	36 %	53 %	67 %	84 %	87 %	90 %	96 %	99 %	100 %	1,20
	37 %	55 %	65 %	81 %	86 %	91 %	97 %	99 %	100 %	1,22
	25 %	36 %	47 %	60 %	69 %	78 %	85 %	90 %	95 %	1,28
testiark.2	22 %	37 %	47 %	61 %	70 %	76 %	86 %	89 %	96 %	1,26
	22 %	37 %	48 %	60 %	70 %	76 %	85 %	91 %	96 %	1,23
KA	29 %	45 %	57 %	71 %	78 %	83 %	91 %	95 %	98 %	
<b>kasvu / ka</b>	<b>19 %</b>	<b>25 %</b>	<b>27 %</b>	<b>31 %</b>	<b>28 %</b>	<b>23 %</b>	<b>21 %</b>	<b>15 %</b>	<b>8 %</b>	<b>22 %</b>

**KOEAJOT 21.12.2005 PAINO-OMINAISKÄYRÄ (Nostotelavärinsiirtojärjestelmä)****B-aalto valkoinen**

	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	DENSIT. 100 %
<b>yellow</b>	49 %	66 %	76 %	83 %	79 %	87 %	93 %	97 %	98 %	0,96
testiark.1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	0,97
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	0,99
	44 %	61 %	78 %	79 %	83 %	91 %	95 %	98 %	99 %	0,94
testiark.2	43 %	63 %	73 %	81 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	0,96
	44 %	65 %	72 %	81 %	82 %	100 %	100 %	100 %	100 %	0,96
KA	63 %	76 %	83 %	87 %	91 %	96 %	98 %	99 %	100 %	
<b>kasvu / ka</b>	<b>53 %</b>	<b>56 %</b>	<b>53 %</b>	<b>47 %</b>	<b>41 %</b>	<b>36 %</b>	<b>28 %</b>	<b>19 %</b>	<b>10 %</b>	<b>38 %</b>
<b>magenta</b>	33 %	41 %	57 %	64 %	77 %	83 %	89 %	93 %	97 %	1,03
testiark.1	29 %	40 %	54 %	64 %	76 %	80 %	86 %	94 %	96 %	1,05
	33 %	43 %	60 %	68 %	75 %	83 %	86 %	93 %	96 %	1,09
	29 %	41 %	59 %	65 %	78 %	86 %	86 %	92 %	97 %	1,07
testiark.2	26 %	41 %	57 %	68 %	77 %	83 %	85 %	91 %	97 %	1,09
	28 %	40 %	57 %	66 %	78 %	81 %	89 %	93 %	97 %	1,06
KA	30 %	41 %	57 %	66 %	77 %	83 %	87 %	93 %	97 %	
<b>kasvu / ka</b>	<b>20 %</b>	<b>21 %</b>	<b>27 %</b>	<b>26 %</b>	<b>27 %</b>	<b>23 %</b>	<b>17 %</b>	<b>13 %</b>	<b>7 %</b>	<b>20 %</b>
<b>cyan</b>	42 %	60 %	67 %	73 %	82 %	87 %	91 %	96 %	99 %	1,16
testiark.1	42 %	56 %	69 %	72 %	81 %	87 %	90 %	95 %	98 %	1,18
	38 %	54 %	67 %	76 %	83 %	88 %	92 %	97 %	99 %	1,14
ep *	57 %	70 %	84 %	98 %	98 %	99 %	99 %	100 %	100 %	1,28
	43 %	56 %	67 %	72 %	80 %	90 %	92 %	96 %	97 %	1,14
testiark.2	40 %	54 %	65 %	72 %	81 %	87 %	91 %	94 %	96 %	1,19
	39 %	57 %	66 %	75 %	82 %	85 %	88 %	92 %	96 %	1,17
ep *	54 %	70 %	84 %	97 %	97 %	99 %	99 %	100 %	100 %	1,26
KA	41 %	56 %	67 %	73 %	82 %	87 %	91 %	95 %	98 %	
<b>kasvu / ka</b>	<b>31 %</b>	<b>36 %</b>	<b>37 %</b>	<b>33 %</b>	<b>32 %</b>	<b>27 %</b>	<b>21 %</b>	<b>15 %</b>	<b>8 %</b>	<b>27 %</b>

\* Ennen painolaatan pesua, tuloksia ei ole huomioitu keskiarvoissa

## KOEAJOT 24.5.2006 PAINO-OMINAISKÄYRÄ (Kammiokaavarivärinsiirtojärjestelmä)

## C-aalto valkoinen

	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	DENSIT. 100 %
<b>yellow</b>	11 %	26 %	41 %	55 %	63 %	72 %	83 %	91 %	96 %	1,04
testiark.1	12 %	27 %	40 %	57 %	65 %	72 %	84 %	89 %	95 %	1,05
	15 %	27 %	40 %	51 %	65 %	75 %	84 %	90 %	97 %	1,00
	12 %	30 %	47 %	63 %	73 %	78 %	86 %	92 %	100 %	0,97
testiark.2	11 %	27 %	46 %	62 %	72 %	78 %	87 %	93 %	99 %	0,96
	8 %	27 %	46 %	62 %	71 %	76 %	84 %	90 %	97 %	1,04
KA	12 %	27 %	43 %	58 %	68 %	75 %	85 %	91 %	97 %	1,01
<b>kasvu / ka</b>	<b>2 %</b>	<b>7 %</b>	<b>13 %</b>	<b>18 %</b>	<b>18 %</b>	<b>15 %</b>	<b>15 %</b>	<b>11 %</b>	<b>7 %</b>	<b>12 %</b>
<b>magenta</b>	18 %	29 %	42 %	58 %	65 %	75 %	83 %	89 %	96 %	0,94
testiark.1	18 %	32 %	45 %	54 %	65 %	75 %	82 %	89 %	95 %	0,97
	15 %	32 %	43 %	58 %	69 %	75 %	82 %	88 %	95 %	0,98
	21 %	37 %	52 %	61 %	71 %	76 %	83 %	90 %	95 %	0,91
testiark.2	21 %	35 %	48 %	60 %	67 %	75 %	84 %	87 %	95 %	0,90
	23 %	36 %	45 %	57 %	68 %	74 %	82 %	87 %	94 %	0,91
KA	19 %	34 %	46 %	58 %	68 %	75 %	83 %	88 %	95 %	0,94
<b>kasvu / ka</b>	<b>9 %</b>	<b>14 %</b>	<b>16 %</b>	<b>18 %</b>	<b>18 %</b>	<b>15 %</b>	<b>13 %</b>	<b>8 %</b>	<b>5 %</b>	<b>13 %</b>
<b>cyan</b>	24 %	37 %	49 %	64 %	72 %	81 %	87 %	96 %	99 %	1,23
testiark.1	28 %	38 %	51 %	66 %	75 %	80 %	89 %	96 %	99 %	1,17
	24 %	37 %	51 %	65 %	72 %	80 %	88 %	95 %	98 %	1,22
	26 %	40 %	56 %	64 %	75 %	80 %	87 %	91 %	97 %	1,24
testiark.2	28 %	41 %	58 %	67 %	76 %	83 %	89 %	93 %	99 %	1,05
	28 %	41 %	57 %	65 %	75 %	81 %	87 %	92 %	97 %	1,14
KA	26 %	39 %	54 %	65 %	74 %	81 %	88 %	94 %	98 %	1,18
<b>kasvu / ka</b>	<b>16 %</b>	<b>19 %</b>	<b>24 %</b>	<b>25 %</b>	<b>24 %</b>	<b>21 %</b>	<b>18 %</b>	<b>14 %</b>	<b>8 %</b>	<b>19 %</b>

## KOEAJOT 24.5.2006 PAINO-OMINAISKÄYRÄ (Kammiokaavarivärinsiirtojärjestelmä)

## E-aalto valkoinen

	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	DENSIT. 100 %
<b>yellow</b>	10 %	27 %	39 %	50 %	66 %	74 %	89 %	95 %	99 %	0,73
testiark.1	10 %	27 %	36 %	45 %	59 %	64 %	78 %	87 %	90 %	1,04
	11 %	29 %	37 %	49 %	60 %	69 %	81 %	86 %	91 %	0,91
	22 %	40 %	51 %	62 %	71 %	79 %	87 %	92 %	96 %	0,94
testiark.2	22 %	41 %	51 %	66 %	72 %	82 %	87 %	93 %	98 %	0,91
	22 %	39 %	51 %	66 %	72 %	79 %	86 %	92 %	96 %	0,94
KA	16 %	34 %	44 %	56 %	67 %	75 %	85 %	91 %	95 %	0,91
<b>kasvu</b>	<b>6 %</b>	<b>14 %</b>	<b>14 %</b>	<b>16 %</b>	<b>17 %</b>	<b>15 %</b>	<b>15 %</b>	<b>11 %</b>	<b>5 %</b>	<b>12 %</b>
<b>magenta</b>	23 %	38 %	46 %	68 %	73 %	78 %	86 %	92 %	97 %	0,93
testiark.1	18 %	30 %	44 %	60 %	75 %	77 %	84 %	90 %	96 %	0,94
	24 %	40 %	49 %	68 %	74 %	80 %	86 %	94 %	97 %	0,93
	21 %	42 %	51 %	69 %	74 %	78 %	84 %	93 %	97 %	0,93
testiark.2	23 %	39 %	54 %	68 %	75 %	80 %	87 %	93 %	95 %	0,92
	19 %	39 %	53 %	67 %	75 %	83 %	88 %	93 %	97 %	0,89
KA	21 %	38 %	50 %	67 %	74 %	79 %	86 %	93 %	97 %	0,92
<b>kasvu</b>	<b>11 %</b>	<b>18 %</b>	<b>20 %</b>	<b>27 %</b>	<b>24 %</b>	<b>19 %</b>	<b>16 %</b>	<b>13 %</b>	<b>6 %</b>	<b>17 %</b>
<b>cyan</b>	37 %	53 %	64 %	73 %	82 %	86 %	91 %	95 %	96 %	1,17
testiark.1	31 %	54 %	64 %	73 %	80 %	87 %	92 %	94 %	97 %	1,14
	31 %	43 %	63 %	71 %	78 %	85 %	91 %	93 %	96 %	1,24
	47 %	65 %	79 %	88 %	93 %	94 %	97 %	98 %	99 %	1,03
testiark.2	47 %	65 %	78 %	88 %	92 %	95 %	97 %	98 %	100 %	1,01
	48 %	68 %	78 %	88 %	91 %	94 %	96 %	97 %	97 %	1,08
KA	40 %	58 %	71 %	80 %	86 %	90 %	94 %	96 %	98 %	1,11
<b>kasvu</b>	<b>30 %</b>	<b>38 %</b>	<b>41 %</b>	<b>40 %</b>	<b>36 %</b>	<b>30 %</b>	<b>24 %</b>	<b>16 %</b>	<b>8 %</b>	<b>29 %</b>

## KOEAJOT 24.5.2006 PAINO-OMINAISKÄYRÄ (Kammiokaavarivärinsiirtojärjestelmä)

## B-aalto valkoinen

	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	DENSIT. 100 %
<b>yellow</b>	16 %	29 %	40 %	51 %	65 %	72 %	80 %	89 %	96 %	0,92
testiark.1	13 %	26 %	38 %	51 %	63 %	70 %	78 %	87 %	94 %	0,97
	16 %	28 %	39 %	53 %	65 %	71 %	80 %	88 %	96 %	0,94
	20 %	35 %	45 %	58 %	69 %	76 %	84 %	91 %	95 %	0,92
testiark.2	23 %	36 %	45 %	58 %	67 %	76 %	84 %	92 %	97 %	0,89
	22 %	33 %	47 %	59 %	69 %	77 %	83 %	90 %	97 %	0,90
KA	18 %	31 %	42 %	55 %	66 %	74 %	82 %	90 %	96 %	0,92
<b>kasvu</b>	<b>8 %</b>	<b>11 %</b>	<b>12 %</b>	<b>15 %</b>	<b>16 %</b>	<b>14 %</b>	<b>12 %</b>	<b>10 %</b>	<b>6 %</b>	<b>12 %</b>
<b>magenta</b>	24 %	40 %	50 %	62 %	71 %	78 %	86 %	91 %	96 %	0,95
testiark.1	22 %	39 %	51 %	62 %	71 %	78 %	84 %	90 %	95 %	0,95
	23 %	38 %	52 %	62 %	74 %	79 %	87 %	91 %	97 %	0,92
	25 %	40 %	54 %	66 %	76 %	81 %	87 %	91 %	95 %	0,89
testiark.2	23 %	37 %	51 %	67 %	73 %	77 %	84 %	92 %	98 %	0,89
	23 %	36 %	52 %	62 %	70 %	76 %	85 %	88 %	94 %	0,92
KA	23 %	38 %	52 %	64 %	73 %	78 %	86 %	91 %	96 %	0,92
<b>kasvu</b>	<b>13 %</b>	<b>18 %</b>	<b>22 %</b>	<b>24 %</b>	<b>23 %</b>	<b>18 %</b>	<b>16 %</b>	<b>11 %</b>	<b>6 %</b>	<b>17 %</b>
<b>cyan</b>	30 %	44 %	60 %	71 %	76 %	81 %	89 %	94 %	97 %	1,07
testiark.1	31 %	44 %	57 %	69 %	76 %	81 %	89 %	93 %	97 %	1,07
	31 %	45 %	59 %	71 %	76 %	82 %	88 %	93 %	97 %	1,07
	43 %	61 %	72 %	79 %	83 %	89 %	94 %	96 %	98 %	1,03
testiark.2	41 %	64 %	74 %	79 %	84 %	89 %	93 %	96 %	98 %	1,05
	45 %	60 %	70 %	78 %	85 %	91 %	92 %	95 %	98 %	1,04
KA	37 %	53 %	65 %	75 %	80 %	86 %	91 %	95 %	98 %	1,06
<b>kasvu</b>	<b>27 %</b>	<b>33 %</b>	<b>35 %</b>	<b>35 %</b>	<b>30 %</b>	<b>26 %</b>	<b>21 %</b>	<b>15 %</b>	<b>8 %</b>	<b>25 %</b>