

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Mediatekniikan koulutusohjelma

**Jukka Honkonen**

**Digitaalisen painokoneen laatukäsikirja**

Insinööriyö 24.4.2009

Ohjaaja: johtava konsultti Seppo Virtanen  
Ohjaava opettaja: johtaja Seija Ristimäki

Tekijä Otsikko	Jukka Honkonen Digitaalisen painokoneen laatukäsikirja
Sivumäärä Aika	70 sivua 24.4.2009
Koulutusohjelma	mediatekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	johtava konsultti Seppo Virtanen johtaja Seija Ristimäki
<p>Insinööriyön tavoitteena oli selvittää, kuinka elektrofotografiaan perustuvalla digitaalisella neliväripainokoneella tuotetaan mahdollisimman hyvää ja tasalaatuista painojälkeä. Laadun hallinnan kannalta keskeisistä käytännön toimenpiteistä ja niiden taustatekijöistä kirjoitettiin painokoneen laatukäsikirja, joka tuli painokoneen käyttäjien ja myyntiorganisaation käyttöön.</p> <p>Laatukäsikirjaa varten tehtiin testipainatuksia, joiden avulla selvitettiin ajon aikana tapahtuvia väri vaihteluita, kalibroinnin väri vaihteluita korjaavaa vaikutusta ja painokoneen laatuasetuksia. Testipainatuksissa käytettiin ECI:n (European Color Initiative) 1 485 värikentästä koostuvaa testiarkkia, josta mitatut Lab-väriarvot ja niiden pohjalta luodut ICC (International Color Consortium) -väriprofiilit toimivat analysointien ja vertailujen pohjana.</p> <p>Testipainatusten perusteella havaittiin säännöllisen kalibroinnin olevan oleellinen digitaalipainokoneen painojäljen tasaisuutta ylläpitävä tekijä. Laitteen automaattiset, densiteettimittaukseen perustuvat värisäädöt eivät yksin riitä vakioimaan sähköisissä ominaisuuksissa tapahtuvia muutoksia pitkän painoajon aikana tai pitkän käyttötaun jälkeen. Tämän vuoksi tarvitaan myös erillistä värien mittaukseen perustuvaa kalibrointia.</p> <p>Elektrofotografisen painoprosessin sähköisessä värinsiirrossa ja kiinnitysvaiheessa syntyvät laatuongelmat aiheutuvat usein ilman ja painomateriaalien kosteusmuutoksista. Kosteusmuutosten minimointi onkin tärkeää pyrittäessä mahdollisimman hyvään ja tasalaatuiseen painojälkeen elektrofotografiapainokoneella.</p> <p>Laatukäsikirjan avulla digitaalisen painamisen laatuun vaikuttavista tekijöistä, painokoneen laatuasetuksista ja mukana tulevista laadunhallintalaitteista ja -ohjelmistosta saa yleiskuvan, joka helpottaa käytännön laadunhallintaa ja -seuranta. Laatukäsikirja ei ole kuitenkaan yksityiskohtainen laadun hallinnan opas. Sitä olisikin mahdollista kehittää laajentamalla käsiteltäviä aihealueita ohjekirjamaisempaan muotoon.</p>	
Hakusanat	digitaalinen painaminen, laatu, laatukäsikirja, elektrofotografia



Author Title	Jukka Honkonen Quality handbook for a digital press
Number of Pages Date	70 24 April 2009
Degree Programme	Media Technology
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Seppo Virtanen, Solution Business Consultant Seija Ristimäki, Director
<p>The purpose of this Bachelor's Thesis was to find out how to produce the best possible and the most stabile printing quality with a digital press. Essential practical and theoretical information about managing quality was written in a quality handbook which was distributed for both the press operators and the sales organization.</p> <p>Experimental printing tests were performed to find out changes in colours during printing, the level of colour-correction of the calibration procedure and the effects of the quality settings on the printing press. In these experiments the ECI's (European Color Initiative) test chart consisting of 1485 colour patches was used. Measurements of the test charts gave Lab-colour values that were the basis for the evaluations and analysis.</p> <p>Based on the experiments, it was found out that calibration procedure is important in keeping the printing quality stabile. Automatic colour corrections that the machine does with its inline densitometer are not enough to correct the changes in its electrical properties during a long run or just after the start of the machine. That is why also calibration based on manual colour measurement is needed.</p> <p>Quality defects in electrophotographic printing process originating from the electrical colour transfer or fixing phase are usually caused by changes in humidity of air and the printed material. Thus, minimization of changes in humidity is important for producing good and stabile prints with an electrophotographic printing press.</p> <p>The quality handbook gives an overall picture about the most significant quality factors in digital printing, quality settings of the press and quality management devices and software. This makes it easier to manage and monitor print quality in practice. However the quality handbook is not a detailed user guide for managing quality. It would be possible to develop it further by providing more specific guidance for the covered topics.</p>	
Keywords	digital printing, quality, quality handbook, electrophotography

# Sisällys

## Tiivistelmä

## Abstract

<b>1 Johdanto.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Digitaalisen painamisen nykytila .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Yleisimmät digitaaliset painomenetelmät .....</b>	<b>7</b>
2.1.1 Elektrofotografia.....	8
2.1.2 Mustesuihku .....	9
<b>2.2 Digitaalisen painamisen markkinat.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 Digitaalisen painamisen laatu .....</b>	<b>13</b>
2.3.1 Tyypilliset laatuhäiriöt .....	15
2.3.2 Laadunhallinnan mittalaitteet ja standardit.....	17
<b>3 Laatuksikirja digitaaliselle painokoneelle.....</b>	<b>20</b>
3.1 Canon .....	20
3.2 Canon imagePRESS C7000VP -elektrofotografiapainokone.....	20
3.3 Laatuksikirjan tavoite ja sisältö .....	22
3.4 Testipainatukset ja mittaukset.....	23
3.4.1 Ensimmäisten painopintojen värimuutokset .....	24
3.4.2 Ajon aikaiset värimuutokset .....	25
3.4.3 Painokoneen kalibroinnin vaikutus värintoistoon.....	27
3.4.4 ICC-väriprofiilien ja ajurin väriasetusten vaikutus värintoistoon .....	28
3.4.5 Rasterointitavan vaikutus värialaan.....	30
3.4.6 Muut laatuarvioinnit .....	31
<b>4 Yhteenveto.....</b>	<b>33</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>36</b>
<b>Liitteet</b>	
<b>Liite 1: Testipainatussuunnitelma.....</b>	<b>38</b>
<b>Liite 2: Laatuksikirja imagePRESS C7000VP -painokoneelle.....</b>	<b>41</b>

## 1 Johdanto

Digitaalinen painaminen on vakiinnuttanut asemaansa perinteisiä painomenetelmiä täydentävänä teknologiana viime vuosien aikana. Pienillä painosmäärillä digitaalinen painaminen on usein kustannustehokkain vaihtoehto. Lisäksi digitaalista painamista tarvitaan vaihtuvaisältöisen tiedon painamiseen, johon muut painomenetelmät eivät sovellu.

Digitaalisten painokoneiden tuotantonopeuden kasvaessa osa pienipainoksisista painotöistä on siirtynyt offset-painokoneilta digitaalisille painokoneille. Samalla digitaalisen painamisen laatuun on kiinnitetty entistä enemmän huomiota. Aiemmin offset-painojälkeen verrattuna selkeästi heikompaa laatua tuottavien digitaalisten painokoneiden kehitys onkin ollut merkittävää.

Nykyiset digitaaliset painokoneet mahdollistavat parhaimmillaan erittäin hyvän painolaadun. Laadukkaan painojäljen tuottaminen vaatii kuitenkin digitaalisen painokoneen operaattorilta tietoa keskeisistä laatuun vaikuttavista tekijöistä ja laatuhäiriöiden korjaamisesta. Myös toimiva huoltojärjestelmä on tärkeä tekijä mahdollisimman vakiona säilyvän, hyvän laatutason ylläpitämisessä, koska digitaalisten painokoneiden laatuhäiriöiden korjaaminen vaatii usein huoltotoimenpiteitä, jotka eivät kuulu painokoneen operaattorille.

Canon, joka on uusi tekijä neliväristen elektrofotografiapainokoneiden markkinoilla, on muiden laitevalmistajien tapaan pyrkinyt kehittämään painokoneitaan siten, että ne täyttäisivät mahdollisimman hyvin myös painolaadun suhteen kriittisten kirjapainojen vaatimukset. Suomen Canonin ammattilostusratkaisuissa haluttiin selkeyttää hyvälaatuisen painotuotteen tekemiseen tarvittavien toimenpiteiden ohjeistusta ja niihin liittyvää tietoa teettämällä insinööryönä laatukäsikirja yrityksen suorituskykyisimmälle digitaalipainokoneelle.

Canon imagePRESS C7000VP -painokoneen laatukäsikirjan (liite 2) avulla pyrittiin kuvaamaan, kuinka laitteella saadaan aikaan mahdollisimman hyvää ja tasaista laatua. Laatukäsikirja on tarkoitettu paitsi Canonin asiakkaille, myös Canonin sisäiseen käyttöön lisäämään myyjien osaamista laatukysymysten osalta. Laatukäsikirjan sisällössä rajauduttiin painovalmiin aineiston painamisen laadunhallintaan.

Laatukäsikirjassa käsiteltäviin aiheisiin liittyen tehtiin testipainatuksia C7000VP-painokoneella. Testipainatusten avulla selvitettiin muun muassa, millaisia muutoksia painojäljessä tapahtuu painotyön aikana, jotta voitaisiin arvioida, kuinka tiheästi laitetta tarvitsee kalibroida. Kalibroinnin osalta tutkittiin, miten eri kalibrointitavat korjaavat painotyön aikana tapahtuneita värimuutoksia. Myös laiteasetusten ja ICC-väriprofiilien vaikutusta tutkittiin ja mittaustuloksia hyödynnettiin myös painotuotannon yleisien laatuominaisuuksien, kuten värintoistokyvyn ja pisteenkasvun, arvioinnissa.

## 2 Digitaalisen painamisen nykytila

### 2.1 Yleisimmät digitaaliset painomenetelmät

Elektrofotografia ja mustesuihku ovat yleisimmin käytössä olevat digitaaliset painotekniikat. Molempia tekniikoita käytetään sekä pienissä koti- ja toimistotulostimissa että tuotantomittakaavan painokoneissa.

Tooneripohjainen elektrofotografia on digitaalisen painamisen valtamenetelmä [Antikainen ym. 2008b: 22]. Elektrofotografiaa käyttävät painokoneet ovat yleistyneet myös kirjapainoissa, joissa ne ovat tulleet offset-tuotannon rinnalle tuottamaan tehokkaasti pienimmät painotyöt. Myös pakkauspainotuotannossa käytetään elektrofotografiapainokoneita – Suomessakin on kotelotyypisiä pakkauksia digitaalisesti valmistava yritys [Ukkonen 2007].

Mustesuihkutekniikka on vakiinnuttanut asemansa suurkuvatulostuksessa ja se on tullut kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi seripainamiselle [Antikainen ym. 2008b: 47]. Vaikka mustesuihkutekniikka mahdollistaa erittäin hyvän laadun, nopeuden nostaminen vaatii kuitenkin tulostusresoluution merkittävää pienentämistä. Nopeilla mustesuihkupainokoneilla tuotetaan pääosin muuttuvaa tekstiä, kuten tilioitteita ja laskuja, joissa kuvanlaatu ei ole kriittinen tekijä. Useat laitevalmistajat käyttävät kuitenkin paljon resursseja nopean mustesuihkutekniikan laadun kehittämiseen. [Antikainen ym. 2008a: 16.]

Mustesuihkutekniikan tekee kiinnostavaksi se, että tekniikka mahdollistaa merkittävästi nykyisiä elektrofotografialaitteita suuremman tuotantonopeuden. Antikainen ym. [2008a: 16] näkevät vuoden 2008 Drupa-näyttelyssä esiteltyjen mustesuihkulaitteiden kehityksen merkittävänä. Prototyyppeillä olevien laitteiden tulostuspäiden tiheys ja siten tulostusresoluutio ovat parantuneet nopeuden kasvun lisäksi. Vaikka prototyyppeillä olevien laitteiden painolaatu jää edelleen kauas laadukkaista kirjapainotuotteista, niiden tämänhetkinen laatu riittää sanomalehtityypiseen tuotantoon ja mustavalkoisiin

kirjoihin. Mustesuihkupainokoneilla nähdään olevan potentiaalia kehittyä kirjapaino-tyyppiseen tuotantoon seuraavan kymmenen vuoden aikana. [Antikainen ym. 2008a: 16, 18.] Mikäli mustesuihkupainokoneiden laatu lähenee elektrofotografiaa, ne voivat nopeutensa ansiosta yleistyä selvästi, etenkin kun elektrofotografiapainokoneiden nopeuden kasvu on ollut viime vuosina maltillista [Antikainen ym. 2008b: 47].

### 2.1.1 Elektrofotografia

Alun perin analogisia kopiokoneita varten kehitetty elektrofotografiatekniikka muuttui digitalisoitumisen myötä tietokoneohjattavaksi, mikä loi pohjan nykyisille elektrofotografiapainokoneille. Elektrofotografiaan perustuvia painokoneita on ollut markkinoilla yli kymmenen vuoden ajan [Koivumäki & Leppänen 2006: 10].

Kuvassa 1 näkyy, kuinka kuva muodostuu digitaalisessa elektrofotografiassa. Valojohdava rumpu tai hihna varataan ensin tasaisella sähkövarauksella. Sähkövaraus puretaan valikoivasti laserin tai muun valonlähteen avulla. Valojohderummun varaamattomiin kohtiin sähköisien vetovoimien avulla siirtyvä hienojakoinen väriaine eli toneri muodostaa kuvan, joka siirretään paperille tai muulle painoalustalle. Kuva kiinnitetään painoalustaan lämmön ja paineen avulla. [Kipphan 2001: 60.] Liitteessä 2, laatukäsikirjan sivulla 27, on kuvanmuodostusprosessi kuvattu yksityiskohtaisemmin.



**Kuva 1** Kuvanmuodostuksen vaiheet elektrofotografiassa: varaus, valotus, kehitys, siirto ja kiinnitys [Canon Technology: 2009].

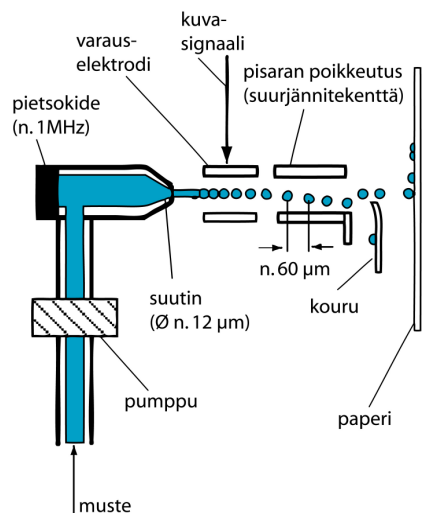
Elektrofotografiapainokoneiden ratkaisut poikkeavat kuitenkin useilta osin laitevalmistajakohtaisesti. Toneri voidaan siirtää kohti kehitysvaihetta hankaussähköön perustuviin siirtohelmien avulla tai sekoitettuna johtamattomaan nesteeseen. Valojohderummun kehittäminen, eli tonerin siirto rummulle, voidaan tehdä magneettisilla harjoilla, ”toneripilvillä” tai nestemäisellä virtauksella valojohderummun pinnalla. Myös

toonerin siirrossa rummulta painoalustalle käytetään erilaisia tapoja. Tooneri voidaan siirtää siirtohihnalla tai erillisen sylinterin välityksellä joko yksi väri kerrallaan tai siten, että kaikki värit kootaan ensin päällekkäin siirtohihnalla tai -sylinterillä. Lisäksi kaikilla laitevalmistajilla on paljon omia, patentoituja elektrostaattisia ja fyysisiä mekanismeja, joiden avulla pyritään mahdollisimman täydelliseen ja tasaiseen toonerinsiirtoon suurelle määrälle erilaisia painomateriaaleja. [Vogl 2008: 5–6.]

### 2.1.2 Mustesuihku

Mustesuihku (inkjet) on tekniikka, jossa hyvin pieniä mustepisaroita suihkutetaan suuttimista suoraan painoalustalle. Tekniset päätökset voidaan jakaa kahteen ryhmään: jatkuvan suihkun menetelmä (CIJ, continuous inkjet) ja ohjatun pisaran menetelmä (DOD, drop on demand) [Koivumäki & Leppänen 2006: 10].

Jatkuvan suihkun menetelmässä suuttimesta lähtee jatkuvalla syötöllä mustepisaroita, joista osa varataan kuvasignaalin perusteella. Varatut pisarat poikkeutetaan sähkökentän avulla, ja ne ohjataan kourun kautta takaisin mustesäiliöön. Varaamattomat pisarat jatkavat kulkuaan paperille muodostaen kuvan. [Kipphan 2001: 63.] Jatkuvan mustesuihkun periaatetta on havainnollistettu kuvassa 2.

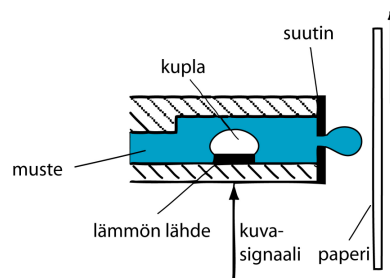


**Kuva 2** Jatkuvan suihkun (CIJ) toimintaperiaate [Kipphan 2001: 64].

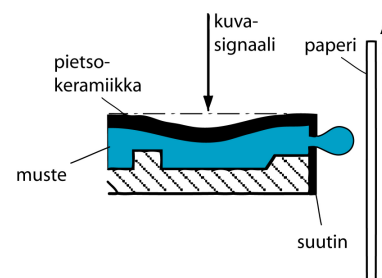
Ohjatun pisaran menetelmässä mustepisaroita suihkutetaan suuttimesta painoalustalle kuvasignaaliin perustuvan ohjauksen määrittelemä määrä. Ohjatun pisaran menetelmässä mustepisara voidaan muodostaa suuttimessa kolmella eri tavoin: lämpöenergialla, elektrostaattisesti tai pietsosähköisesti. [Koivumäki & Leppänen 2006: 10.]

Lämpöenergiaan perustuvassa, termisessä menetelmässä (TIJ, thermal inkjet) neste-  
mäistä väriä lämmitetään paikallisesti, jolloin väri höyrystyy ja muodostaa kuplan. Kuplan aiheuttaman paineen nousun vuoksi mustekammion vapautuu mustepisara kuvan 3 mukaisesti. [Koivumäki & Leppänen 2006: 10.]

Kuvassa 4 näkyy pietsosähköisen mustesuihkun (PIJ, piezo inkjet) toimintaperiaate. Tässä menetelmässä mustekammion tilavuuden ja paineen muutos saadaan aikaan pietsosähköisen ilmiön avulla. [Koivumäki & Leppänen 2006: 10.]



**Kuva 3** Lämpöenergialla toimiva mustesuihkutekniikka [Kipphan 2001: 64].



**Kuva 4** Pietsosähköisesti toimiva mustesuihkutekniikka [Kipphan 2001: 64].

Uusissa mustesuihkupainokoneissa nopeuden ja laadun paraneminen perustuu etenkin pietsomustesuihkupäiden kehittymiseen. Pietsotekniikan etuina ovat hallittu mustepisaran koon säätäminen ja laaja mustevalikoima muihin DOD-tekniikoihin verrattuna. Mahdollisuus käyttää erilaisia musteita, jotka voivat olla muita menetelmiä viskoottisempia, laajentaa mustesuihkutulostamiseen soveltuvien materiaalien määrää. [Antikainen ym. 2008b: 22.] Taulukossa 1 on uusien mustesuihkupainokoneiden teknisiä tietoja.



**Taulukko 1** Uusien mustesuihkupainokoneiden ominaisuuksia [Antikainen ym. 2008a: 17].

	Rullakone/ arkkikone	Tulostus- päiden valmistaja	Pisaroitus- menetelmä	Markkinoille- tulovuosi	Nopeus	Tulostus- resoluutio
<b>Fujifilm Jet Press 720</b>	arkkikoko 720 x 520 mm (B2)	Dimatix	DOD, pietso	2009	2700 arkkia/h, 180 sivua/min	1200 dpi
<b>HP Inkjet Press</b>	rulla, 762 mm, leveys skaalattava	HP	DOD, termo	2009	122 m/min	600 dpi
<b>Kodak Stream Concept Press</b>	rulla, leveys skaalattava, offsethybridi- demo Drupassa	Kodak	CIJ	2009	304 m/min	vähintään 600 dpi
<b>Oce JetStream</b>	rulla, leveys 520 mm	Kyocera Mita	DOD, pietso	myynnissä	150 m/min 675-2700 s/min	600 x 600 dpi
<b>Screen Truepress Jet SX</b>	arkkikoko 530 x 740 mm (B2)	Epson	DOD, pietso	2009	1600 arkkia/h, 106 sivua/min	1440 x 720 dpi

Taulukosta 1 voidaan nähdä, että uusissa mustesuihkupainokoneissa käytetään ohjatun pisaran pietso- ja termotekniikoiden lisäksi myös jatkuvan suihkun tekniikkaa.

Listatuissa laitteissa, jotka toimivat noin 600 dpi:n (dots per inch) tarkkuudella, paperi syötetään rullalta, mikä osaltaan selittää niiden suuria nopeuksia. Suurempiin tarkkuuksiin pääsevät arkkikoneet ovat selkeästi hitaampia, mutta kuitenkin hieman tehokkaimpia elektrofotografiapainokoneita nopeampia. Antikaisen ym. [2008b: 24] mukaan jatkuvan suihkun tekniikka on pietсотekniikkaa huomattavasti nopeampi. Taulukon 1 ainoa CIJ-painokone onkin selkeästi nopein.

## 2.2 Digitaalisen painamisen markkinat

Koivumäki ja Leppänen [2006: 6] jakavat digitaalisesti painettavat tuotteet viiteen pääryhmään: pakkauspainotuotteet, julkaisutuotteet, mainospainotuotteet, transaktiopainotuotteet ja teollisuuden painotuotteet. Digitaalisen painamisen sovellusalue on siis varsin laaja. Koska kaikissa painotuoteryhmissä tuotetaan myös pieniä painoksia, voidaan digitaalisia painomenetelmiä käyttämällä saada merkittäviä kustannusetuja kuntoonlaittoaikojen lyhenemisen ja ensimmäisen valmiin tuotteen tekoon kuluvan

paperihukan pienenemisen ansiosta. Digitaalisen painamisen mahdollistama vaihtuvasisältöisen tiedon tulostaminen, mikä voi tarkoittaa yksinkertaista tekstipersonointia tai täysin vaihtuvasisältöistä dokumenttia, tuo lisäarvoa painotuotteelle. [Antikainen ym. 2008b: 22.]

Koska tämänhetkiset digitaaliset painokoneet eivät sovellu suurivolyymiseen painamiseen, pienien painosten kysyntä on keskeinen digitaalisten painokoneiden ja -tuotteiden markkinoihin vaikuttava tekijä. Canonin toimeksiannosta Rochester Institute of Technologyssä teetetyssä digitaalisen painamisen suuntauksia käsittelevässä tutkimuksessa ennustetaan digitaalisen painamisen osuuden kaikesta painamisesta kasvavan. Painomarkkinoille nähdään myös olevan tulossa uudenlaisia, digitaalisia painokoneita käyttäviä, kopiolaitostyyppisiä pienyrityksiä. [Romano 2008: 4, 13.]

Romano [2008: 13] listaa pienipainoksiset markkinointituotteet digitaalisen painamisen tärkeimmäksi sovellusalueeksi myös tulevaisuudessa. Kohdennetuilla suoramarkkinointikirjeillä nähdään olevan suurin kasvupotentiaali, ja yritysidentiteettiä rakentavien materiaalien, kuten käyntikorttien ja vakiomuotoisten kirjeiden, kysynnän nähdään kasvavan. Tuotekuvastotuotantoa kasvattanee painotuotteen integrointi dynaamiseen verkkosisältöön. Lisäksi laskuihin ja tiedotteisiin voidaan yhdistää entistä enemmän markkinointisisältöä. [Romano 2008: 16.] Tällaiseen niin kutsuttuun transpromotuotantoon soveltuu digitaalisista painotekniikoista etenkin nopea mustesuihkutekniikka. Kokonaan sähköiset laskutusjärjestelmät kuitenkin kilpailevat osittain samoilla markkinoilla, mikä vähentänee yritysten intoa investoida mustesuihkujärjestelmiin [Antikainen ym. 2008b: 22].

Koska pakkaus- ja teollisuustulostaminen on moneen muuhun painotuotantoon nähden vakaa sovellusalue, se kiinnostaa myös digitaalipainokoneiden valmistajia. Pakkauksiin painamiseen voidaan käyttää sekä elektrofotografia- että mustesuihkupainokoneita. Mustesuihkupainokoneiden nopeuden lähestyminen fleksopainon tuotantonopeutta on laajentamassa niiden markkinoita pakkauspainotuotantoon [Antikainen ym. 2008b: 35].

Web-to-print-palvelut, jossa käyttäjät voivat teettää omasta sisällöstään erilaisia painotuotteita, kuten kirjoja, valokuvakirjoja, kalentereita ja kortteja, ovat myös kasvava digitaalisen painamisen sovellusalue [Antikainen ym. 2008b: 22]. Tulevaisuudessa mustesuihkupainokoneilla voitaisiin tuottaa asiakkaan valitsemista sisällöistä räätälöityjä sanomalehti- ja aikakauslehtijulkaisuja. Tämä kuitenkin tuo haasteita nykyisin hajanaisten sähköisten sisältöjärjestelmien integrointiin ja painotuotteen jälkikäsitteilyn ja postituksen automaatioon. [Antikainen ym. 2008a: 16.]

Nopeaa mustesuihkutulostustekniikkaa on jo nykyisin integroitu osaksi offset-painokoneita niin kutsutuissa hybridiratkaisuissa, joissa offsetilla painettavaan staattiseen osaan voidaan lisätä personointeja mustesuihkulla. Perinteisen offset-painamisen markkinat eivät kuitenkaan ole lähivuosina uhattuina, mutta Antikainen ym. [2008b: 4] näkevät, että mustesuihkutekniikka vienee kuitenkin erittäin pitkällä tähtäimellä voiton. Koivumäki ja Leppänen [2006: 35] kuitenkin arvioivat, ettei digitaalinen painaminen ole kehittynyt ennustetusti ja että se tulee jäämään perinteisten painomenetelmien rinnalle täydentävänä teknologiana.

Vaikka mustesuihkutekniikka kehittyvänä tekniikkana saa paljon markkinahuomiota osakseen, elektrofotografiapainaminen säilynee nopeuteen nähden hyvän laatunsa ansiosta digitaalisen painamisen valtamenetelmänä vielä pitkään.

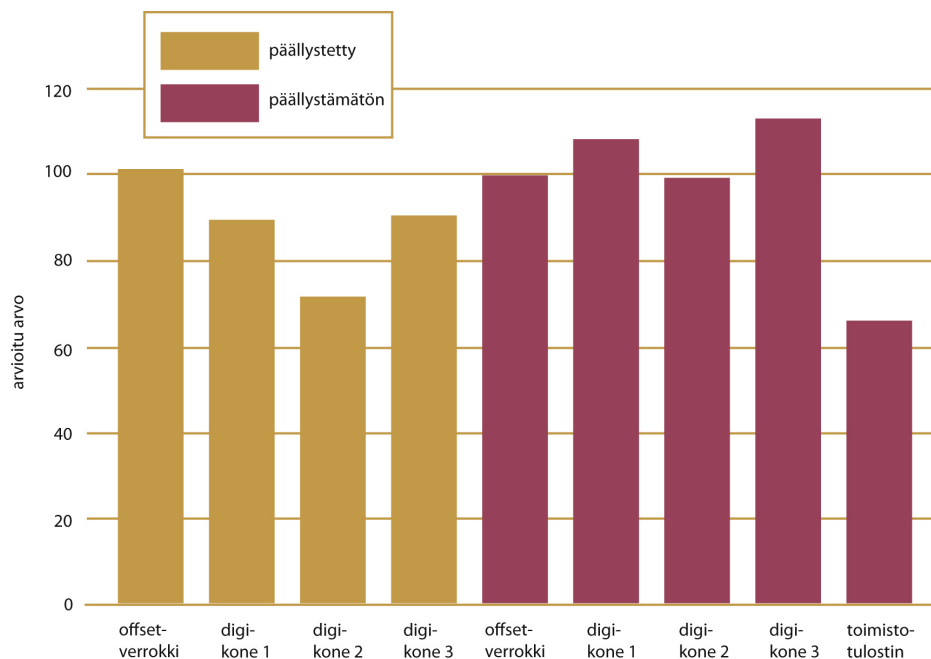
### **2.3 Digitaalisen painamisen laatu**

Viimeisen vuosikymmenen aikana digitaalisten painokoneiden kuvanlaatu on kohentunut merkittävästi ja ero offset-painokoneella tuotettuun painojälkeen on kapenemassa [Farnand 2008: 3–4]. Digitaalisten painokoneiden ajon aikaiset laatuvaihtelut ja laatuhäiriöt voivat kuitenkin yhä olla suuria, joten sekä laitevalmistajilla että painokoneiden operaattoreilla on laatuvirheiden minimoinnissa vielä paljon tehtävää.

Digitaalisen painamisen laatua on tutkittu etenkin valokuvien painamisen osalta, jolloin on arvioitu muun muassa värintoistoa, yhtenäisyyttä (uniformity), tarkkuutta ja häiriötekijöitä. Keskeisinä laatutekijöinä voidaan pitää näiden lisäksi myös kiiltoa sekä

tekstin ja viivojen terävyyttä. Mittauksiin perustuvissa tutkimuksissa on vertailtu myös tasaisten pintojen densiteetti-arvoja, pisteenkasvua, väriarvoja ja värintoistoavaruuden tilavuutta (color gamut volume). [Farnand 2008: 5.]

Farnandin [2008] tutkimuksessa 38 testihenkilön joukko vertaili visuaalisesti kuutta kuvaa, jotka oli painettu kahdelle paperityypille sekä offsetilla ja kolmella digitaalisella painokoneella että yhdellä toimistotulostimella. Testihenkilöt saivat kunkin kuvan kohdalla vertailukohteeksi offset-painokoneella painetun kuvan, ja vertailtavan kuvan laadullista huonommuutta tai paremmuutta tuli arvioida ja kertoa, kuinka paljon vähemmän tai enemmän henkilö maksaisi kuvasta verrattuna yhden dollarin arvoiseen offset-verrokkiin. Värien vertailu haluttiin kuitenkin rajata pois tutkimuksesta kehittämällä tutkimushenkilöitä olemaan vertailematta värimuutoksia. Kuvan 5 kuvaajassa näkyy eri painokoneiden kuville annettujen rahallisten arvojen keskiarvot molemmille paperityypeille. Päälystetylle paperille painetuissa kuvissa offset-painojälki arvioitiin selkeästi paremmaksi, mutta päälystämättömillä papereilla digitaalisesti painetut nähtiin puolestaan parempina. Offset-painojäljessä arvostettiin yhtenäisyyttä ja korkealaatuisia viivoja sekä tekstiä. Digitaalisten painokoneiden tuottama suurempi kontrasti päälystämättömille papereille nähtiin etuna. [Farnand 2008: 6–22.]



**Kuva 5** Offset-jälkeen verrattujen digitaalisten painokoneiden ja toimistotulostimen visuaalisesti arvioitu laatu päälystetylle ja päälystämättömälle paperille painetuissa kuvissa [Farnand 2008: 19].

### 2.3.1 Tyypilliset laatuhäiriöt

Kiinteää painoaihiota käyttäviin painomenetelmiin verrattuna digitaaliset painomenetelmät ovat alttiimpia vaihteluille, koska niissä jokainen kuva muodostetaan erikseen. Tämän vuoksi kuvarummun ja painetun kuvan densiteetti- ja väriarvojen mittaaminen on tärkeää laatuvaihtelujen korjaamiseksi. Mittaus voi tapahtua automaattisesti koneen sisäisen inline-mittalaitteen avulla, mutta nykyisillä digitaalisilla painokoneilla tarvitaan lisäksi käsin tehtäviä kalibroitimittauksia. Usein laatuvirheiden jäljittäminen ja koneen toiminnan muuttaminen vaatii kuitenkin paljon teknistä osaamista, mikä korostaa toimivan ja nopean huoltotoiminnan tärkeyttä.

Digitaalisen painokoneen toiminnan ja siihen vaikuttavien ympäristöolosuhteiden ja painomateriaalien lisäksi laatuvirheet voivat johtua ennen painamista tapahtuneista virheistä aineiston valmistuksessa, painoasetuksissa tai rasterointitiedon laskevassa RIP:ssä (Raster Image Processor). Koska etenkin digitaalisille painokoneille soveltuvi- ta pienipainoksisista töistä osa on ei-ammattimaisesti tehtyjä aineistoja, värivirheitä aiheuttaa ICC-pohjaisen (International Color Consortium) värinhallinnan hallitsematon käyttö. Aineiston rasterointi- ja painovaiheessa työlle määriteltävien asetusten käyttöliittymän selkeyden puute ja valmistajakohtaisesti nimetyt valikot voivat myös vaikeuttaa laadun hallintaa. Harvoin päivitetyn RIP:n rasterointialgoritmit voivat myös tuottaa hankalasti havaittavia virheitä uusien tiedostoversioiden kanssa.

Seuraavassa käsitellään sekä elektrofotografia- että mustesuihkutekniikoiden laatu- häiriöitä, jotka aiheutuvat laitteiden teknisistä ratkaisuista ja painoalustojen ja ympäristöolosuhteiden ominaisuuksista.

#### *Laatuhäiriöt elektrofotografiassa*

Elektrofotografiapainokoneiden kuvanmuodostuksen fyysiset ja kemialliset prosessit ovat hyvin monimutkaisia, mikä voi aiheuttaa vaihteluita painojälkeen. Mahdollisia vaihtelulle alttiita vaiheita ovat varatun kuvan muodostus, kehitysvaihe ja elektronisesti avustettu kuvan siirto paperille. Sähköisten varausten luontiin ja siirtoon osallistuvien

komponenttien toiminnan vakaus onkin keskeinen painolaatuun vaikuttava tekijä. Koska näiden komponenttien toiminnan tarkkuuteen vaikuttaa sekä lämpötila että ilmankosteus, ympäristöolosuhteiden muutokset näkyvät myös painojäljessä. [Kipphan 2001: 61, 698–699.]

Paperin tai muun painoalustan kosteus on myös kriittinen tekijä elektrofotografiapainamisessa, koska se vaikuttaa paperin sähköisiin ominaisuuksiin. Kosteustason täytyy olla tarpeeksi matala, jotta paperi kykenee säilyttämään toonerin siirtoon tarvittavan varauksen. Liian kuiva paperi johtaa kuitenkin tarpeettoman suureen elektrostaattiseen varaukseen, mikä aiheuttaa häiriöitä kuljetusvaiheessa. Mikäli paperi on puolestaan liian kostea, se ei säilytä hyvin sähkövarausta, jolloin toneri siirtyy paperille huonosti. Kosteuden lisäksi paperimassan ominaisuudet, kuitusuunta ja täyteaineet vaikuttavat paperin johtavuuteen ja siten toonerin siirtymiseen ja kiinnittymiseen. Elektrofotografiapainokoneet on pyritty suunnittelemaan siten, että paperin tai muun painoalustan sähköjohtavuus säilyisi mahdollisimman tasaisena koko painoprosessin ajan. [Vogl 2008: 6.]

Koska elektrofotografiapainokoneissa paperia ei kuljeteta mekaanisilla naukkareilla, vaan se pysyy siirtohihnalla elektrostaattisten voimien avulla, värerekisterin tarkkuus on perinteisiä painomenetelmiä huonompi [Kipphan 2001: 61]. Kuvan kohdistumisen epätarkkuuteen vaikuttavat myös kiinnitysvaiheessa tapahtuvat muutokset painoalustan mitoissa, mikä on ongelmallista etenkin kaksipuoleisissa painotöissä [Vogl 2008: 7].

Kiinnitysprosessi voi aiheuttaa ongelmia liian lämmön vuoksi, jolloin paperi kuivuu ja värikuvan pinta voi muuttua ei-halutusti. Paperin kosteustason nostaminen kuivumisen estämiseksi ei kuitenkaan ole toimiva ratkaisu, sillä se vaikuttaa puolestaan paperin sähköjohtavuuteen toonerin siirtoa heikentävästi [Vogl 2008: 11]. Kiinnitysyksikön lämpö ja puristus aiheuttavat lisäksi paperin käyristymistä, mikä voi vaikeuttaa paperin luovutusta tai jälkikäsitteilyä. Väri voi myös tarttua kiinnitysyksikköön osittain, jolloin kuvan laatu heikkenee. Tämän välttämiseksi kiinnitysyksiköiden pintaan lisätään usein silikoniöljyä, mikä aiheuttaa kuvaan ei-haluttua kiiltoa. [Kipphan 2001: 696–697.]

Uusien elektrofotografiapainokoneiden laatua ovat parantaneet uudet toonerit ja ohentuneet värikerrokset. Kiinnityksessä tarvittavan silikonin määrä on pienentynyt, ja osassa painokoneista silikonia ei tarvita enää lainkaan. Tämä on mahdollistanut mattamaisen väripinnan tuottamisen, mikä on tuonut elektrofotografia- ja offset-painokoneen painojäljen lähemmäs toisiaan. [Koivumäki & Leppänen 2006: 15.]

### *Mustesuihkutekniikan laatuhäiriöt*

Mustesuihkupainokoneissa tulostuspää voi toimia virheellisesti siten, että pisteitä jää puuttumaan tai pisarasuihku ei ajoitu oikein, mikä näkyy raitaisuutena tai tekstin heikkona laatuna. Vierekkäiset värit voivat myös levitä ja sekoittua keskenään heikentäen reunaterävyyttä. Virheellisesti suuntautunut pisarasuihku tai liian suuri mustemäärä voi näkyä hajapisteinä, mikä heikentää yleisesti kokonaislaatua. Tämä näkyy niin reunaterävyydessä ja rasteroiduissa kuvissa kuin teksteissäkin. [Kipman 2005.]

Spencer Lab vertaili Kodakin jatkuvan suihkun periaatteella toimivan Stream Concept Pressin painojälkeä offset-painojälkeen. Vaikka tiettyjen laadullisten ominaisuuksien, kuten tekstin ja ohuiden viivojen toistumisessa ja ääri viivojen reunojen terävyydessä nähtiin paljon kehitettävää, värien toistuminen oli kuitenkin erittäin hyvä. Mustesuihkupainokoneen toistama väriavaruus oli mitattu 35 % suuremmaksi kuin 68 l/cm:n offsetissa. [Antikainen ym. 2008b: 24.] Myös pietsotekniikka mahdollistaa hyvän sävyntoiston, sillä siinä on helppo hallita yksittäisten pisteiden pisarakokoa, jolloin bittisyvyyttä eli pisteen välisävymäärää voidaan kasvattaa [Antikainen ym. 2008b: 22].

### **2.3.2 Laadunhallinnan mittalaitteet ja standardit**

Digitaalisten painokoneiden laadunhallinnassa käytetään yleisimmin mittalaitteita, jotka mittaavat värien densiteetti- ja väriarvoja. Mittareita tarvitaan laitteen automaattiseen värinsäätöön ja painokoneen operaattorin suorittamaan kalibrointiin. Esimerkiksi Xeroxin uudessa iGen4-elektrofotografiapainokoneessa tulostusleveyden suuntaisia densiteettivaihteluita korjataan ajon aikaisella densiteettimittauksella. Lisäksi laitteessa

on sisäänrakennettu spektrofotometri lisävärien toistumisen tarkkailuun. [Antikainen ym. 2008b: 25–26.]

Monipuolisempaan painolaadun analysointiin on kehitetty myös mittalaitteita ja -ohjelmistoja, joilla voidaan mitata muun muassa tasaisten pintojen laikullisuutta ja raitaisuutta, yksityiskohtien erottelukykyä ja kontrastia, linjojen ja pisteiden reunaominaisuuksia ja taustan puhtautta [Kipman 2005]. Nykyisten painokoneiden tuotantolaadun vakioinnissa ja optimoinnissa näitä ei kuitenkaan käytetä yleisesti. Syynä voi olla kustannusten lisäksi niiden mahdollisen laskennallisen raskauden aiheuttama soveltumattomuus laitteen ajonaikaisen säädön mittalaitteiksi ja mittadatan vaikea hyödynnettävyys säädössä.

Värikontrollikenttien optisen densiteetin mittaaminen on vakiintunut yleiseksi menetelmäksi painoteollisuudessa, joten luotettavasti toimivia densitometrisiä mittalaitteita on valmistettu jo pitkään. Densitometri mittaa, kuinka paljon painettu pinta absorboi valoa. Koska painetun pinnan valonabsorptio korreloi värikerroksen paksuuden kanssa, densitometrejä voidaan käyttää värimäärän hallintaan. [Fraser ym. 2005: 38–39.]

Väriarvoja mitataan spektrofotometrillä, jossa mittaustulos lasketaan valon spektrin eli aallonpituuksien intensiteettijakauman perusteella. Graafisessa teollisuudessa käytettävissä spektrofotometreissä näkyvän valon aallonpituus on jaettu 10 nm:n tai 20 nm:n välein mitattaviin kaistoihin. Tarkemmissa spektrofotometreissa spektri voidaan jakaa kapeampiin, jopa 2 nm:n kaistoihin. Ne ovat kuitenkin hinnaltaan merkittävästi kalliimpia, joten niitä on lähinnä tutkimuskäytössä. [Fraser ym. 2005: 44–45.] Morovič [2008: 25] huomauttaa, että ”värien mittaamisessa” mitataan vain näytteen fyysisiä ominaisuuksia, jotka ovat pohjana ennustettaessa, millaisen värihavainnon näyte tuottaa. Todellinen värien mittaaminen tarkoittaisi sellaista katsojan aivojen aktiivisuuden mittaamista, joka osattaisiin suhteuttaa katsojan kokemaan värihavaintoon.



*Digitaalisen painamisen standardit*

Densitometrien ja spektrofotometriä mittaustulosten, kuten densiteetin, pisteenkasvun ja väriarvojen, pohjalta digitaalisten painokoneiden toimintaa voidaan säätää laatu- vaihteluiden korjaamiseksi ja minimoimiseksi. Myös säännöllisesti suoritettavassa kalibroinnissa digitaalinen painokone pyritään palauttamaan mittauksien perusteella mahdollisimman lähelle tunnettua perustilaansa. Nelivärisille digitaalisille painokoneille ei ole kuitenkaan standardia, joka määrittäisi esimerkiksi paperityyppikohtaiset prosessivärien väriarvot, värialat ja pisteenkasvun, jotka on määritelty ISO 12647 -standardissa perinteisten painomenetelmien osalta. Näin digitaaliset painokoneet poikkeavat valmistajakohtaisesti esimerkiksi toonereiden värien osalta. Lisäksi laitevalmistajilla on omille painokoneilleen optimoituja painomateriaaleja. [Rees ja Chung 2006: 39.]

Digitaalisesti tuotetulle vedokselle on kuitenkin ISO 12647-7:2007 -standardi, joka määrittelee tiettyjen laatuominaisuuksien toleranssit, joiden rajoissa digitaalisesti tuotetun vedoksen täytyy olla lopulliseen, perinteisillä tai digitaalisilla painomenetelmillä painettuun tuotteeseen nähden. Liitteessä 2, laatukäsikirjan sivulla 47, on lueteltu ISO 12647-7:2007 -standardin keskeisimmät määrittelyt.

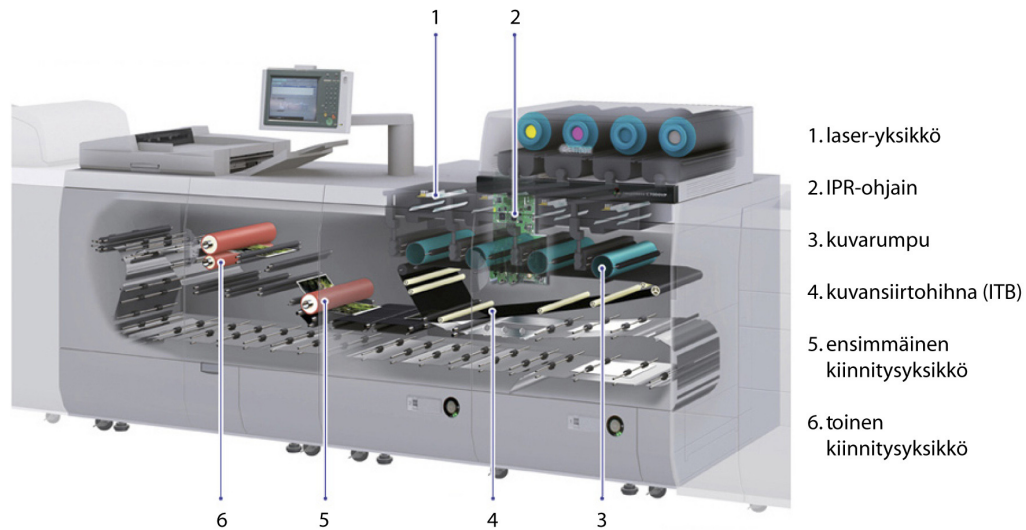
### **3 Laatuksikirja digitaaliselle painokoneelle**

#### **3.1 Canon**

Vuonna 1937 perustetun Precision Optical Industryn seuraaja, Canon, on nykyisin yksi maailman suurimmista tulostus-, dokumentinhallinta- ja kuvantamisan tuotteiden valmistajista. 230 tytäryhtiön 167 000 työntekijän muodostaman Canon-ryhmän yhteenlaskettu liikevaihto vuonna 2008 oli 32,5 miljardia euroa ja tulos 2,5 miljardia euroa. Suomessa Canon Oy työllistää noin 400 henkilöä. Vuoden 2008 myynti, 164,9 miljoonaa euroa, muodostui kuluttajatuotteiden lisäksi julkiselle sektorille sekä yritysille ja yhteisöille toimitetuista toimisto- ja ammattitulostusratkaisuista ja niihin liittyvistä palveluista. [Canon Oy: 2009.]

#### **3.2 Canon imagePRESS C7000VP -elektrofotografiapainokone**

Canonin vuonna 2006 esittelemä ja vuonna 2007 markkinoille tuoma imagePRESS C7000VP -elektrofotografiapainokone on Canonin ensimmäinen tuotantomittakaavan digitaalinen painokone. Canonin aiemmat digitaaliset painokoneet ovat merkittävästi hitaampia, ja niiden tekniikka pohjautuu vuonna 1990 julkaistun CLC-värikopiolaitteen (Colour Laser Copier) tietokoneohjaukseen. Canonin tulo korkealaatuisten digitaalisten tuotantopainokoneiden markkinoille kesti kilpailijoihin nähden suhteellisen pitkään. C7000VP:n myötä Canon esitteli joukon uusia tooneri- ja laitetekniikoita. [Creasey 2006.] Kuvassa 6 näkyy C7000VP:n rakenne.



**Kuva 6** Canon imagePRESS C7000VP:n pääyksikön kuvanmuodostuslaitteet [Canon Technology].

Taulukossa 2 on vertailtu C7000VP:n yleisiä teknisiä ominaisuuksia muiden valmistajien elektrofotografiapainokoneisiin.

**Taulukko 2** Canon C7000VP:n ominaisuusvertailu [Charlesworth 2007; Creasey 2006].

	Canon imagePress C7000VP	HP Indigo Press 3050	Konica Minolta bizhup PRO C6500	Océ CS650 Pro	Xerox DocuColor 7000
Suurin nopeus (yksipuoleisia A4/min)	70	67	65	65	70
Suurin resoluutio (dpi)	1200	1624 x 812	600 x 1800	1800 x 600	2400
Suurin arkkikoko (mm x mm)	330 x 487	320 x 470	330 x 487	330 x 487	320 x 488
Soveltuvat paperin neliömassat (g/m <sup>2</sup> )	64–300	65–350	64–256	64–300	60–300
Hinta (£)	150 000	199 000	69 000	109 000	193 000

Taulukon 2 elektrofotografiapainokoneet vaikuttavat ominaisuuksiensa perusteella samankaltaisilta, vaikka niiden hinta vaihtelee merkittävästi. Halvimpien painokoneiden tuotantonopeus laskee kuitenkin painoalustan paksuuden kasvaessa, joten painokoneiden soveltuvuudessa suurivolyymiseen digitaalipainamiseen on merkittäviä eroja. Osassa painokoneista ei voida käyttää kaksipuoleisessa painamisessa neliömassaltaan suurimpia painomateriaaleja.

C7000VP:ssä tuotantonopeus ei riipu painoalustan neliömassasta. Tämä on toteutettu kuvassa 6 näkyvien kahden kiinnitysyksikön avulla. Nopeutta ei tarvitse hidastaa pidemmän kiinnitysajan tarvitsemilla paksuilla ja päällystetyillä materiaaleilla, koska ne ohjataan toiseen kiinnitysyksikköön ohuempien materiaalien kulkiessa ainoastaan ensimmäisen kiinnitysyksikön läpi. [Canon Technology: 2009.]

Perinteisesti elektrofotografiapainokoneiden kiinnitysyksiköissä on tarvittu silikoniöljyä estämään tonerin tarttuminen kiinnitystelaan. Canonin C7000VP:ssä käyttöön ottamaan V-toneriin sekoitettu mikrovaha korvaa silikoniöljyn. Tämä mahdollistaa kiilloiltaan offset-painotuotteiden kaltaisen painojäljen.

Painotuotannon aikaisia värintoiston virheitä tasaamaan C7000VP:ssä käytetään reaaliaikaista mittausta, jossa kaikille valojohderummuille valotetaan ja kehitetään painoalueen ulkopuolelta värikenttä, jonka densiteettiä mitataan korjauksen pohjatiedoksi [Canon Technology: 2009]. Painokoneen mukana tulee myös Eye-One Prospektrofotometri iO-mittauspöydällä ja Eye-One Process Control Tool -ohjelma, joka mahdollistaa omien väriprofiilien luonnin sekä laitteen värintoiston seuraamisen ja vertailun. C7000VP:n A3000-väripalvelimella painotyö rasteroidaan Efin Fiery-RIP:llä.

### **3.3 Laatuksikirjan tavoite ja sisältö**

Suomen Canon Oy:llä oli tarve tuottaa asiakkailleen imagePRESS C7000VP -painokoneen laadun vakiointiin ohjeistus, joka myös selkeyttäisi laitteen mukana toimitettavan värimittalaitteen ja siihen liittyvän ohjelmiston käyttöä laadun ylläpidossa ja seurannassa. Tätä tarvetta täyttämään syntyi tässä insinööriyössä tehty laatuksikirja. Laadun lähtökohtana pidettiin sen mitattavuutta, joten visuaalinen laadun tarkastelu rajautui laatuksikirjasta pois. Myös painoaineiston valmistukseen liittyvät vaiheet jäivät tarkastelun ulkopuolelle.

Keskeisimmiksi sisällöiksi laatuksikirjaan haluttiin käytännönläheistä tietoa ja ohjeita prosessinhallintatyökalujen käytöstä, kalibroinnin ja laadunseurannan suoritusväleistä, väriprofiilien käytöstä ja painojäljen vertailusta alan standardeihin. Aihepiireihin

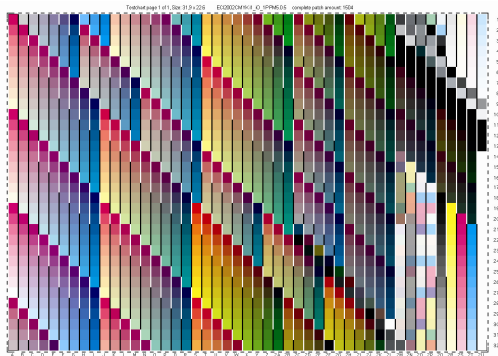
liittyviä mittauksia ja mittaustulosten tulkintaa haluttiin mukaan lisätiedoksi ja asioiden havainnollistamiseksi.

Liitteessä 2 olevan laatukäsikirjan alku käsittelee painotuotteiden laatuominaisuuksia, niiden mittaamista ja elektrofotografiaa. Yleisen teorian rinnalla on esitetty C7000VP:n painojäljestä mitattuja laatuominaisuuksia ja C7000VP:n teknisiä ratkaisuja. Tämän jälkeen käsitellään C7000VP:n painolaadun vakiointia, värinhallintaa, väriasetuksia ja painojäljen vertailua standardinmukaiseen offset-painamiseen.

### 3.4 Testipainatukset ja mittaukset

Laatukäsikirjaa varten C7000:n ominaisuuksia ja laatuasetuksia selvitettiin liitteen 1 testipainatussuunnitelman mukaisesti. Testipainatukset tehtiin Wiresidos Oy:ssä, jossa myös mitattiin osa väriarkeista. Pääosin mittaaminen tapahtui kuitenkin EVTEK-ammattikorkeakoulussa, sen EyeOne iO -spektrofotometrillä, eli samalla laitteella, joka tulee C7000VP-painokoneen mukana.

Painatustesteissä käytettiin kuvassa 7 näkyvää A3-kokoista ECI:n testiarkkia, joka sisältää 1 485 värikenttää, tai 1 504 värikenttää lopun painovärittömät kentät mukaan lukien. CMYK-muotoisessa testiarkissa ei ollut mukana ICC-väriprofiilia yhtä testipainatusta lukuun ottamatta.



**Kuva 7** Painatustesteissä käytetty ECI:n testiarkki.

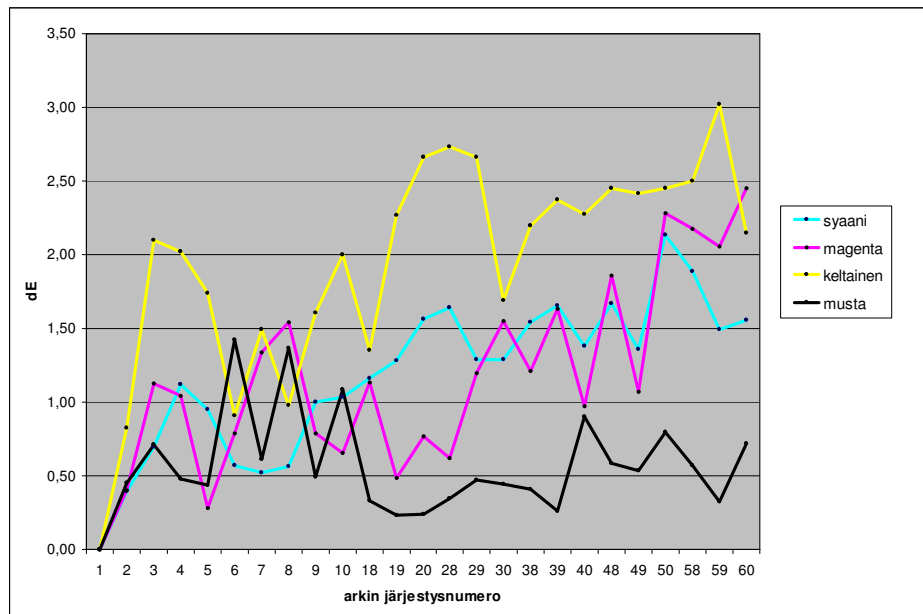
ECI:n testiarkin mittauksessa käytettiin ProfileMaker 5 -ohjelmaa, jonka avulla värikenttien Lab-arvot saatiin tallennettua tekstimuotoisina, jolloin niitä voitiin käsitellä Excelissä. Offset-painamisen simuloinnissa ja offset-vertailuissa käytettiin ISO Coated v2 (ECI) -ICC-profiilin Lab-arvoja. Tämä offset-profiili perustuu ISO 12647-2:2004 -standardin tavoitearvojen mukaan painetun Fogra39-testiarkin mittaustietoon.

Testeistä saatujen mittaustietojen perusteella voitiin ilman lisämittauksia arvioida esimerkiksi papereiden väri vaihteluita. Lisäksi C7000VP:lle luotuja ICC-profiileja PrintOpen 5.1 -ohjelmalla analysoimalla saatiin selville painokoneen toistaman väriavaruuden koko ja pisteenkasvu.

### **3.4.1 Ensimmäisten painopintojen värimuutokset**

Testin tarkoituksena oli selvittää viikonlopun ajan käyttämättömänä olleen painokoneen ensimmäisten arkkien värin toiston vaihtelua ja mahdollista tasaantumista, jotta voitaisiin arvioida värin toiston tasaantumiseen tarvittavien ”lämmittelyarkkien” määrää.

Kuudestakymmenestä painetusta ECI:n testiarkista mitattiin ensimmäiset kymmenen ja lopuista kolme arkkia kymmenen välein. Kuvassa 8 näkyvät mittaustiedon perusteella lasketut värierot testiarkin CMYK-osaväreille. Värieron laskennassa vertailukohtana on käytetty ensimmäisen testiarkin värejä.



**Kuva 8** Prosessiväreistä mitatut värierot koneen käynnistyksen jälkeen painetuissa arkeissa. Värieron laskennassa vertailukohtana ovat olleet lähtötilanteen väriarvot.

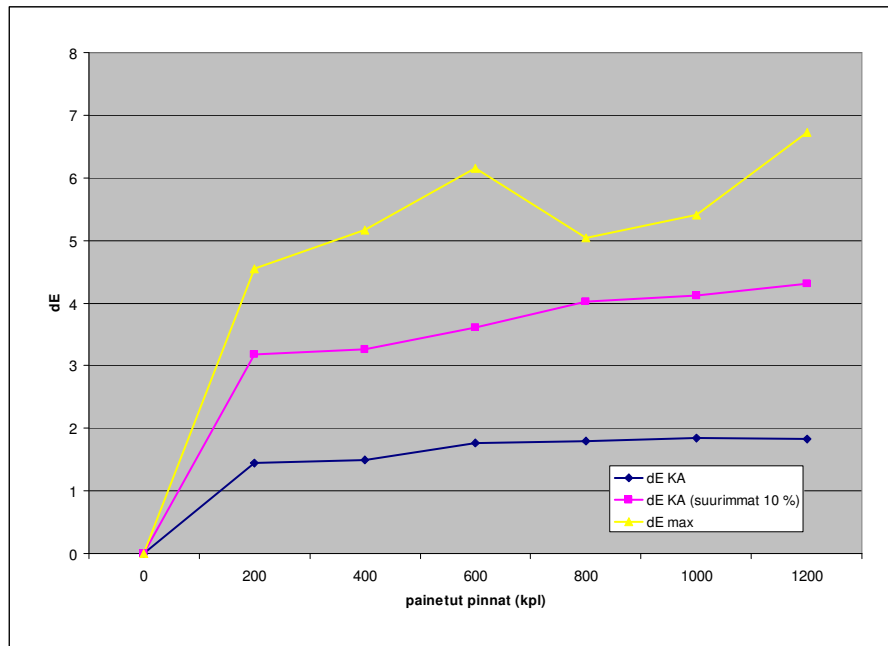
Kuvasta 8 nähdään, että painokoneen värintoisto muuttuu kromaattisten värien osalta tasaisesti mitattuun 60. arkkiin saakka. Viimeisten mitattujen arkkien väripoikkeamat, jotka olivat luokkaa 2–3 dE, ovat merkittäviä, kun huomioidaan, että muutos tapahtui lyhyen sarjan aikana.

Vaikka mitattu otos oli liian lyhyt tuomaan esille väriarvojen tasaantumisvaihetta, väriarvoissa tapahtuvat muutokset pienenevät selvästi painamisen jatkuessa, sillä muissa mittauksissa ei ollut nähtävissä vastaavanlaista, lyhyellä aikavälillä tapahtuvaa nopeaa muutosta. Testin perusteella painokoneella ei kannata tehdä värikriittisimpiä painotöitä heti sen käynnistyksen jälkeen.

### 3.4.2 Ajon aikaiset värimuutokset

Painokoneelle sopivan kalibroituvälän arvioimiseksi tarkasteltiin ajon aikaisia värimuutoksia. Seurattavan painoksen pituudeksi valittiin 1 200 painopintaa, mikä on noin 45 minuuttia kestävä yleistä painotyön pituus digitaalipainokoneille. Kalibroinnin jälkeisessä lähtötilanteessa ja sen jälkeen 200 painopinnan välein painettiin kolme ECI:n testiarkkia, joiden väriarvojen keskiarvot kuvasivat kunkin tilanteen värinantoa.

Liitteessä 2, laatukäsikirjan sivuilla 16–21, olevista värierokuvaajista nähdään, että suurimmat poikkeamat lähtötilanteen väriarvoihin tulivat ensimmäisen 200 painopinnan aikana. Seuraavaan kuvaajaan (kuva 9) on yhdistetty kaikkien 1 485 värikentän värierojen keskiarvot, yksittäiset maksimiarvot ja keskiarvo joukosta, johon kuuluu 10 % suurimmista värieroarvoista.



**Kuva 9** Väripoikkeaman kasvu 1 200 painopinnan työn aikana.

Värieron keskiarvon muutokset olivat alun muutoksen jälkeen hyvin pieniä. Yksittäiset väripoikkeamat kuitenkin kasvavat ajon edetessä. Tämän vuoksi värikirittisimmät painotyöt voivat vaatia painokoneen uudelleenkalibrointia jo alle tunnin ajon jälkeen.

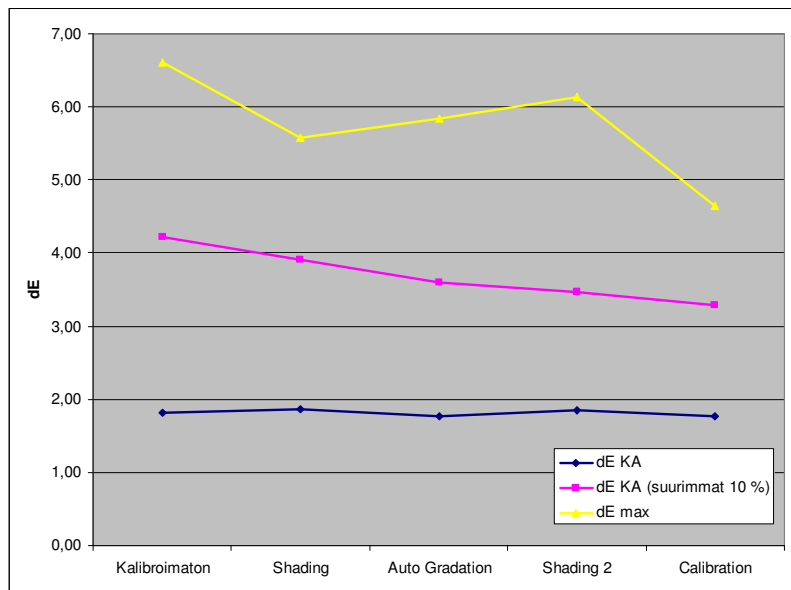
Testissä väriarkit painettiin painotyön kanssa samalle paperille, jolloin välttyttiin koneen paperinvaihdon yhteydessä automaattisesti tekemiltä densiteetti- ja kiinnitysyksikön säädöiltä. Painotyön pysäyttäminen testiarkkien painamista varten saattaa kuitenkin muuttaa värintoistoa hieman, joten oletettavasti värieroarvot olisivat tavallisessa, keskeytyksettömässä painotyössä hieman mitattuja pienempiä.



### 3.4.3 Painokoneen kalibroinnin vaikutus värintoistoon

C7000VP:n täysi kalibrointi koostuu kolmesta osakalibrointivaiheesta: Shading Correction, Auto Gradation Adjustment ja Calibration, jotka tulee suorittaa mainitussa järjestyksessä. Canonin huoltohenkilökunta on kuitenkin havainnut, että Shading Correction kannattaa toistaa ennen viimeistä Calibration-vaihetta. Kukin osakalibrointi kestää 2–4 minuuttia, ja täydelliseen kalibrointiin kuluu aikaa noin 12 minuuttia.

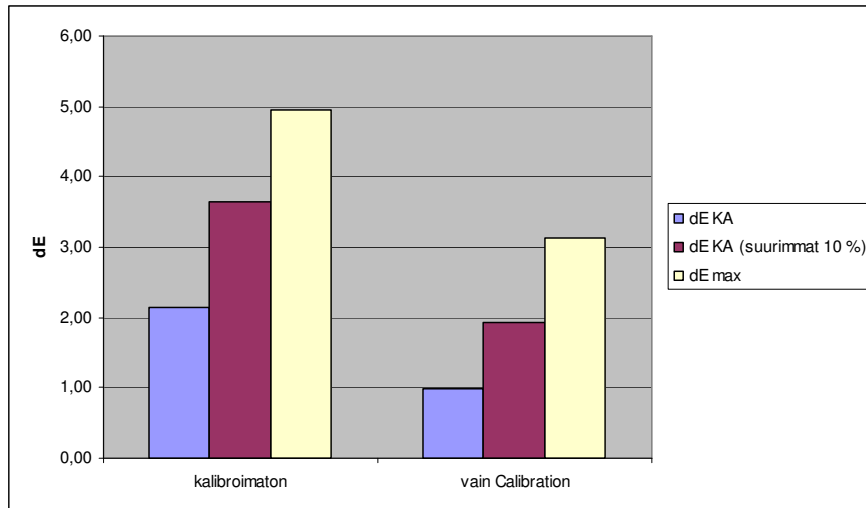
1 200 painopinnan ajon jälkeen suoritetussa kalibrointitestissä haluttiin selvittää, missä määrin eri kalibrointivaiheet palauttavat värinantoa lähtötilanteen värinantoa vastaavaksi ja onko jollakin vaiheista erityisen suuri korjaava vaikutus. Painamalla ECI:n testiarkkeja kalibrointivaiheiden välissä saatiin selville muun muassa kuvassa 10 näkyvät värieroarvot.



**Kuva 10** Osakalibrointivaiheiden vaikutus värierojen keski- ja maksimiarvoihin.

Kalibrointi ei testin mukaan vaikuttanut juurikaan värieroarvojen keskiarvoon, jolloin kalibroinnin jälkeen keskimääräinen väriero edelliseen kalibroituun tilanteeseen verrattuna jäi noin kahden dE-yksikön suuruiseksi. Suurimpiin värieroarvoihin kaikilla osakalibrointivaiheilla oli kuitenkin korjaava vaikutus.

Toisessa kalibroititestissä tarkasteltiin pelkän Calibration-osakalibroinnin vaikutusta tilanteessa, jossa täyden kalibroinnin jälkeen oli painettu 800 painopintaa. Testin tulokset näkyvät kuvassa 11.

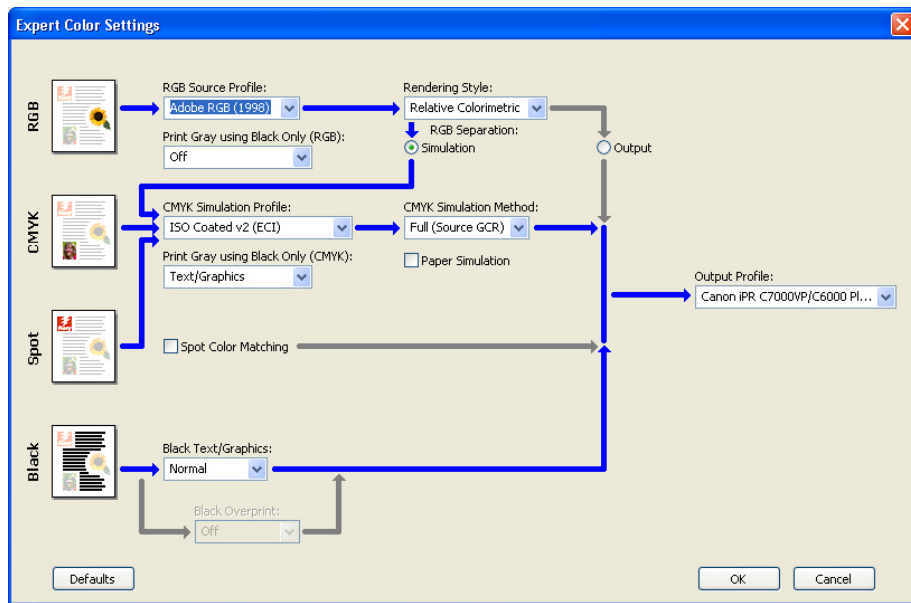


**Kuva 11** Pelkän Calibration-osakalibroinnin vaikutus värieroarvoihin.

800 painopinnan jälkeen väripoikkeamien keskiarvo oli samaa luokkaa ja suurimmat väripoikkeamat hieman pienempiä kuin 1 200 painopinnan jälkeisessä tilanteessa. Testissä Calibration-osakalibrointi korjasi väripoikkeamia hieman paremmin kuin täyden kalibroinnin testissä, ja se vaikutti myös väripoikkeamien keskiarvoon. Pelkän Calibration-osakalibroinnin suorittaminen voikin olla hyvä ja nopeasti suoritettava kalibrointitapa täydellisten kalibrointien välissä.

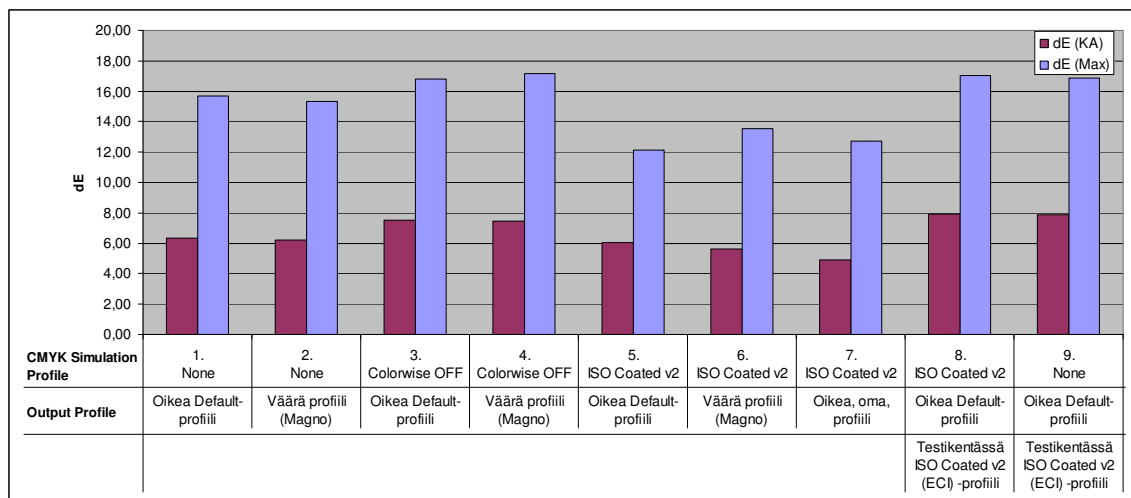
#### 3.4.4 ICC-väriprofiilien ja ajurin väriasetusten vaikutus värintoistoon

Väriprofiilien ja muiden väriasetusten vaikutusta tarkasteltiin ECI:n testiarkin avulla. C7000VP:llä painettavien töiden väriasetusten määrittäminen tapahtuu kuvan 12 mukaisesta valikosta, jossa määritellään RGB-, CMYK- ja spottivärikuvien sekä vektorimuotoisten kuvien mustan osavärin asetukset.



**Kuva 12** Painotyökohtaiset väriasetukset Efin A3000-väripalvelimella.

ICC-väriprofiilien luonnin tarpeellisuutta selvitettiin vertaamalla Process Control Toolilla Canon High Grade 100 g/m<sup>2</sup> -paperille luodun profiilin värintoistoa painokoneen mukana tulevan paperityypin yleisprofiilin käyttöön ja tilanteeseen, jossa käytössä oli väärä väriprofiili tai väriprofiileja ei hyödynnetty lainkaan. Mittaustuloksien (laatukäsikirjan sivu 40) väriero laskettiin ISO Coated v2 (ECI) -profiilin Lab-arvoihin. Kuvassa 13 näkyvät testatuilla ”CMYK Simulation Profile” ja ”Output Profile” -yhdistelmillä painettujen ECI-testiarkkien värieromittausten keski- ja maksimiarvot.



**Kuva 13** Oletusväriprofiililla ja itse luodulla väriprofiililla sekä profiilien käytön ohittavilla asetuksilla painettujen testiarkkien värierot vastaaviin offset-painettuihin väriarvoihin verrattuna.

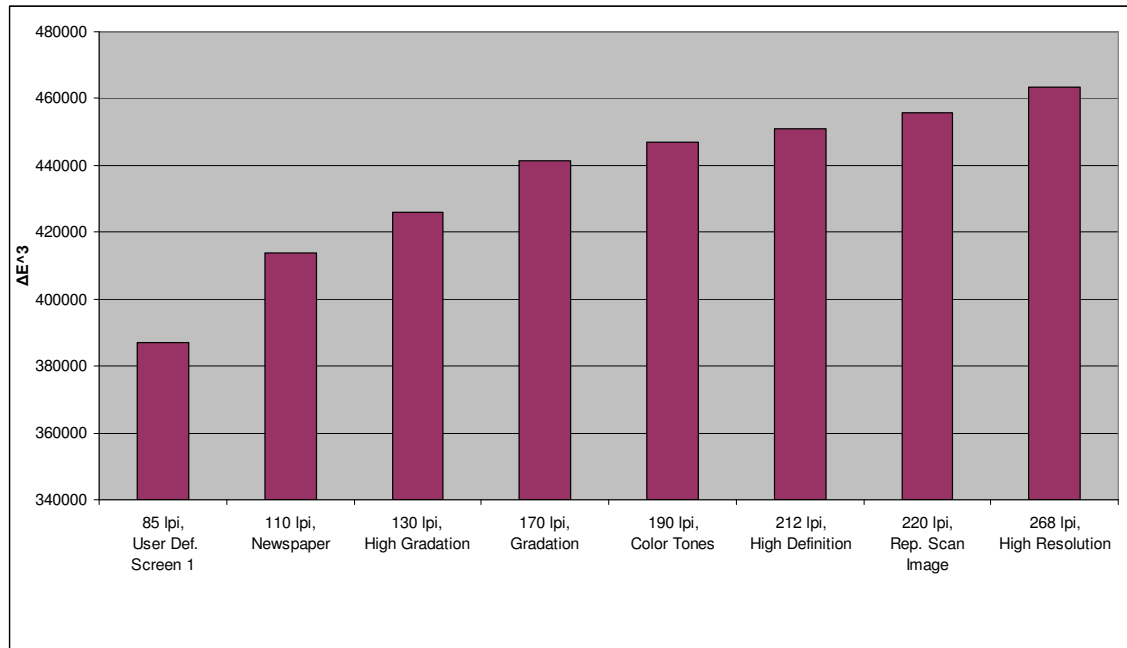
ISO Coated v2 -profiilin valinta väriasetusten ”CMYK Simulation Profile” -kohdassa pienensi väripoikkeamaa vain hieman. Väripoikkeamat olivat yleisesti ottaen suuria. Oma paperikohtaista profiilia käyttämällä päästiin kuitenkin pienimpään värieroon. Suuriin väripoikkeamiin vaikutti testissä käytetyn paperin värin ero offset-standardissa määriteltyyn paperiväriin verrattuna. Väriasetusten ”Paper Simulation” -valinnalla ei kuitenkaan ollut vaikutusta tilanteeseen. Tätä testattiin erikseen validointitestin yhteydessä High Grade -paperin lisäksi myös Magno Satin paperille (laatukäsikirjan sivu 51).

Väriprofiilivertailussa lähtöoletuksena oli, että väriasetusten ”CMYK Simulation Profile” -valinta tarkoittaa CMYK-kuvien tapauksessa kuvalle oletettua lähdeprofiilia, jonka perusteella rasterointiprosessori tulkitsee kuvan Lab-väriarvot muuntaessaan väriarvoja kohdeprofiilin määräämään väriavaruuteen. Näin ollen ISO Coated v2 (ECI) -väriprofiilin liittämisen Photoshopin Assign Profile -komennolla aiemmin profiilitto- maan ECI:n testiarkkiin ei tulisi vaikuttaa väriantoon samoilla väriasetuksilla painetta- essa. Vastoin oletusta profiilin liittäminen kuitenkin aiheutti kaikkein suurimmat väripoikkeamat, mikä nähdään kuvasta 13. Tämä tekee testin ISO Coated v2 (ECI) -profiilin väriarvoihin vertaamisen mielekkyyden kyseenalaiseksi.

Väriasetuksissa mustan värin käyttöön harmaasävykomponentin korvauksessa vaikuttavan ”CMYK Simulation Method” -valinnan (Source GCR tai Output GCR) eroja vertailtiin painatustestissä, jonka tuloksia on laatukäsikirjan sivuilla 42–44.

### **3.4.5 Rasterointitavan vaikutus värialaan**

C7000VP:n erilaisilla rasterointitavoilla painettiin ECI:n testiarkkeja, joiden mittadatas- ta luotiin ProfileMakerilla kullekin rasterointityypille ICC-väriprofiili. Väriprofiileista saatiin PrintOpen 5.1 -ohjelman avulla selville rasterointitavan Canon High Grade 100 g/m<sup>2</sup> -paperille tuottaman värintoistoavaruuden tilavuus. Kuvassa 14 on esitetty PrintOpenin laskemat värintoistoavaruuden tilavuudet ( $\Delta E^3$ ) linjatiheyden mukaan kasvavassa järjestyksessä muille paitsi stokastiselle rasterointitavalle, jolle ei voida määritellä linjatiheyttä.



**Kuva 14** Värintoistoavaruuden tilavuus eri rasterointitavoilla järjestettynä linjatiheyden mukaan kasvavaan järjestykseen.

Värintoistoavaruuden koko kasvoi rasteroinnin linjatiheyden kasvun myötä, ja alhaisimmalla linjatiheydelläkin väriala oli ISO Coated v2 (ECI) -profiilin kuvaaman offset-painojäljen väriala suurempi. Värimäärän kasvaminen linjatiheyden kasvattamisen myötä on mielenkiintoinen havainto, sillä Kipphanin [2001: 98] mukaan rasterointitavalla tuotettavissa olevan välisävyjen määrä pienenee linjatiheyden kasvaessa, kun yksittäisten pisteiden valotus- tai tulostustarkkuus (dpi) ja bittisävyys (valotusintensiiteettitasojen määrä) säilyvät samoina.

### 3.4.6 Muut laatuarvioinnit

#### *Paperin värin tasalaatuisuus*

Laatukäsikirjan painoalustan ominaisuuksia käsittelevässä osassa hyödynnettiin aiemmista testeistä saatua mittaustietoa. ECI:n testiarkin painovärittömistä kentistä saatiin papereiden väriarvoja, joiden keskiarvon väripoikkeamia verrattiin keskimääräisiin väripoikkeamiin (laatukäsikirjan sivut 33–35). Vertailun mukaan paperin värin poikkeaminen keskiarvosta näytti kasvattavan myös painettujen värien poikkeamia.

Tuloksia voi kuitenkin vääristää esimerkiksi se, että painokoneen rummun ja kuvahihnan puhdistuksen täydellisyys on voinut vaihdella, jolloin sekä puhtaiksi tarkoitettujen kenttien että muiden värikenttien pieni, ei-haluttu värjäytyminen on kasvattanut niiden väripoikkeamia samanaikaisesti.

1 200 painopinnan testin väriltään eniten poikkeava paperi aiheutti paperille painettuihin väreihin poikkeaman keltaisen osavärin osalta. Muihin, densiteetiltään suurempien osavärien väriarvoihin paperin väripoikkeamalla ei kuitenkaan ollut vaikutusta.

#### *Pisteenkasvu digitaalisella painokoneella*

Rasterointitestissä luotujen ICC-profiilien pisteenkasvukuvaajat (laatukäsikirjan sivut 13–15) saatiin PrintOpen 5.1 -ohjelmasta. Eri rasterointitapojen tuottamia pisteenkasvuaroja verrattiin standardinmukaisen offset-painojäljen pisteenkasvuun. Mitatut pisteenkasvuarvot olivat lähellä offsetin pisteenkasvua, eikä stokastisen rasterointitavan pisteenkasvu, joka on offset-painossa hankalasti hallittavissa, poikennut merkittävästi muista rasterointitavoista. Koska pisteenkasvukuvaajat on saatu ICC-profiilista, joka on luotu väriprofiilien käytön ohittavilla asetuksilla painetusta testiarkista, saadut tulokset voivat poiketa tilanteesta, jossa pisteenkasvuarvot olisi mitattu väriprofiileja hyödyntäen painetuista arkeista.

## 4 Yhteenveto

Digitaalisten painokoneiden heikko laatu on tuotantonopeuden ohella ollut pitkään tekijä, joka on rajannut niiden soveltuvuutta painotarkoituksiin. Nykyisin yleisimmillä digitaalisilla painomenetelmillä, eli mustesuihku- ja elektrofotografiatekniikoilla, päästään hyvään painolaatuun, johon tuotantonopeuden nostaminen tuo kuitenkin omat haasteensa. Tuotantomittakaavan digitaalipainokoneissa elektrofotografia on laadun osalta edellä ja laadukkaaseen painotuotantoon ainut soveltuva tekniikka. Tulevaisuuden tekniikaksi ennustettu mustesuihku voi kuitenkin jo lähitulevaisuudessa tulla kilpailemaan samoista markkinoista elektrofotografiapainokoneiden kanssa.

Myös elektrofotografiapainamisen laadussa on edelleen selkeitä parannusta kaipaavia tekijöitä. Vaikka yksittäisen painoarkin osalta päästään offset-painoa vastaavaan jälkeen, ovat painoksen aikana tapahtuvat laatuvihtelut kuitenkin perinteisiä painomenetelmiä suurempia ja hankalammin hallittavissa. Painoprosessin, painettavien materiaalien, ympäristön olosuhteiden, painokoneen asetusten ja värinhallintaominaisuuksien tunteminen antaa kuitenkin mahdollisuuden vaikuttaa moniin painolaatuun vaikuttaviin tekijöihin. Tässä insinööriyössä tehdyn Canon imagePRESS C7000VP -digitaalipainokoneen laatukäsikirjan teettäminen on yksi tapa, jolla laitevalmistajat pyrkivät kohentamaan elektrofotografiapainamisen laatua.

Laatukäsikirjasta haluttiin mahdollisimman selkeä, kuitenkin siten, että sisältö pohjautuisi tehtyihin testipainatuksiin ja niiden mittauksiin. Mittaustulosten esittäminen laatukäsikirjassa teki siitä kuitenkin osittain hyvin yksityiskohtaisen ja haasteellisen luettavan. Testipainatusten teon yhteydessä saatu painokoneen käyttökokemus oli myös verrattain vähäistä opastyyllisen tekstin kirjoittamisen pohjaksi. Vaikka laatukäsikirjasta ei näin muodostunut kattavaa ja yksinkertaista opasta C7000VP:n painolaadun hallintaan, se antaa kuitenkin lukijalle pohjatietoa, jota voi hyödyntää elektrofotografiapainamisen ja C7000VP:n laadun hallinnassa ja seuraamisessa.

Elektrofotografiapainamisen yleisimmät laatuhäiriöt liittyvät usein painoprosessin ja painettavien materiaalien sähköisiin ja niihin kiinteässä yhteydessä oleviin kosteusomi-

naisuuksiin. Laatukäsikirja auttaa ymmärtämään, kuinka näitä laatuvirheitä, kuten väripintojen epätasaisuutta, raitaisuutta, kuvan mittapysyvyyttä ja arkin käyristymistä, voidaan välttää ja korjata käyttäjän toimenpiteillä. Koska painoprosessin sähköisissä ominaisuuksissa tapahtuu nykyisellä elektrofotografiatekniikalla vääjäämättä muutoksia, niiden minimointi laitteen tiheän kalibroinnin avulla on keskeinen painolaadun tasaisuutta lisäävä tekijä. Kalibroinnin tarve ja sen korjaava vaikutus tuli selvästi esille myös testipainatuksien tuloksista. Näin värikriittisten töiden painaminen elektrofotografiapainokoneilla vaatii myös kuntoonlaittoaikaa, mitä ei usein mielletä tarvittavan digitaalisilla painokoneilla. Painokoneen automaattisesti ajon aikana ja sen jälkeen suorittamat värisäädöt auttavat tasaamaan värinantoa, mutta myös erillisiä, spektrofotometrillä säännöllisesti tehtäviä kalibroitimittauksia tarvitaan.

Koska laatukäsikirja tehtiin Canonin C7000VP-painokoneelle, mittaustulokset kuvaavat vain tämän laitteen ominaisuuksia. Suurin osa käsitellyistä laatuongelmista on kuitenkin yleisiä, elektrofotografiaprosessiin liittyviä, vaikka eri laitevalmistajien hieman poikkeavat tekniset ratkaisut ja erilaiset väriaineet saattavat tehdä tietyistä laatuongelmista laitekohtaisia.

Painatustesteissä mitattiin vain painokoneen tuottamia värejä, mikä onkin keskeinen, helposti mitattavissa oleva painolaadun tekijä. Pienet värimuutokset eivät kuitenkaan usein ole suurin laatuongelma. Tasaisten pintojen laikullisuus ja muut värinsiirron ongelmat voivat olla selkeästi näkyviä, mutta niiden ominaisuuksien tai esiintymistiheyden mittaaminen olisi huomattavasti vaikeampaa. Koska värinsiirron, mittapysyvyyden ja kohdistuksen ongelmat ovat lisäksi usein riippuvaisia painomateriaalien ja ympäristötekijöiden, kuten kosteuden, muutoksista ja painokoneen olosuhteille soveltumattomista asetuksista, niiden mittaaminen yksittäisen digitaalipainokoneen osalta ei olisi välttämättä mielekästä, koska ne olisivat vertailukelpoisia vain kyseisillä materiaaleilla samoissa olosuhteissa.

Insinööriyönä tehty laatukäsikirja pyrkii osaltaan edistämään digitaalisen painamisen laatua, jonka vakioisuudessa on laitevalmistajilla paljon kehitettävää. Nykyinen digitaalisen painamisen laadun tutkimus keskittyy suurelta osin elektrofotografiaan,



mutta mahdollinen nopean mustesuihkupainamisen yleistyminen voi muuttaa tilannetta lähitulevaisuudessa. Ovatpa tulevaisuudessa käytettävät digitaaliset painotekniikat mitä tahansa, digitaalinen painaminen pysynee kuitenkin perinteisiä painomenetelmiä alttiimpana laatuvarjoilulle. Mittaukseen perustuvaa, mahdollisimman automatisoitua laadun hallintaa tarvitaan digitaalisissa painomenetelmissä jatkossakin.

## Lähteet

Antikainen Hannele, Bäck Asta, Viljakainen Anna. 2008a. GT-mainosraportti. GT-Raportti / VTT:n mediatekniikan asiantuntijapalvelu. Nro 4/2008.

Antikainen Hannele, Kuusisto Jani-Mikael, Kuusisto Olli, Lahtinen Panu, Linna Hannu, Parola Markku. 2008b. GT-Drupa-raportti. GT-Raportti / VTT:n mediatekniikan asiantuntijapalvelu. Nro 2–3/2008.

Antikainen Hannele, Kuusisto Olli. 2008c. Viestintäalan nykytila ja kehitystrendit 2008–2009. GT-Raportti / VTT:n mediatekniikan asiantuntijapalvelu. Nro 1/2008.

Canon Oy. 2009. Canon yrityksenä.  
<[http://www.canon.fi/About\\_us/index.asp](http://www.canon.fi/About_us/index.asp)> Luettu 20.3.2009.

Canon Technology. 2009. Digital Color Presses.  
<[http://www.canon.com/technology/canon\\_tech/category/ip.html](http://www.canon.com/technology/canon_tech/category/ip.html)> Luettu 22.2.2009.

Charlesworth Karen. 2007. Kodak Nexpress M700.  
<<http://www.printweek.com/news/731512/Kodak-NexPress-M700>> Luettu 21.3.2009.

Creasey Simon. 2006. Canon ImagePress C7000VP.  
<<http://www.printweek.com/news/653577/Canon-ImagePress-C7000VP>>  
Luettu 20.3.2009.

Farnand Susan. 2008. Minding the Gap: Evaluating the Image Quality Gap of Digital Print Technologies Relative to Traditional Offset Lithography. RIT.  
<<http://print.rit.edu/pubs/picrm200808.pdf>> Luettu 7.3.2009.

Fraser Bruce, Murphy Chris, Bunting Fred. 2005. Real world color management: industrial-strength production techniques. 2. ed. Berkeley, CA: Peachpit Press.

Kipman Yair. 2005. Analyzing & Measuring Print Quality.  
<[http://download.101com.com/rec/expo2005/pres/Yair\\_Kipman\\_Analyzing\\_&\\_Measuring\\_Print\\_Quality.pdf](http://download.101com.com/rec/expo2005/pres/Yair_Kipman_Analyzing_&_Measuring_Print_Quality.pdf)> Luettu 13.3.2009.

Kipphan Helmut. 2001. Handbook of Print Media. Berlin: Springer.

Koivumäki Kaisa, Leppänen Tapio. 2006. Digitaalisen painamisen trendit. GT-Raportti/VTT:n mediatekniikan asiantuntijapalvelu. Nro 2/2006.

Morovič Ján. 2008. Color gamut mapping. Chichester: John Wiley & Sons.

Rees Matthew, Chung Robert. 2006. Bridging Traditional and Digital Printing Standards. <[http://cias.rit.edu/~gravure/tt/pdf/others/TT6\\_Rees\\_Chung.pdf](http://cias.rit.edu/~gravure/tt/pdf/others/TT6_Rees_Chung.pdf)>  
Luettu 10.3.2009.

Romano Frank. 2008. Insight Report - Digital Printing Directions.  
<[http://www.canon.com.cy/Images/Digital%20Printing%20Directions\\_v4\\_tcm129-514221.pdf](http://www.canon.com.cy/Images/Digital%20Printing%20Directions_v4_tcm129-514221.pdf)> Luettu 13.2.2009.

Ukkonen Arja. 2007. Solverin digipaino valmistaa parisataa koteloä minuutissa.  
<<http://www.painomaailma.fi/?q=node/407>> Luettu 22.2.2009.

Vogl Howard. 2008. A Survey of Digital Press Manufacturers: Critical Paper Requirements. RIT.  
<<http://print.rit.edu/pubs/picrm200803.pdf>> Luettu 14.2.2009.

Mittava asia / laatuominaisuus	Suoritus
<p><b>1. Ensimmäisten painopintojen värimuutokset</b></p> <p>Tarkastellaan koneen käynnistyksen jälkeisten arkkien värimuutoksia, jolloin voidaan arvioida tarvittavien "lämmittelyarkkien" lukumäärää.</p>	<p>1. Painetaan viikonlopun tauon jälkeen 60 kpl ECI2002CMYK i1_iO_1P.tif -testiarkkia A3 Canon High Grade 100 g/m<sup>2</sup> -paperille. Ajurin väriasetuksista valitaan "CMYK Simulation Profile: None".</p> <p>2. Mitataan arkit 1-10, 18,19,20, 28,29,30, ..., 58,59,60.</p> <p>3. Verrataan väriarvoja ensimmäiseen arkkiin.</p>
<p><b>2. Ajon aikaiset värimuutokset</b></p> <p>Selvitetään digitaaliselle painokoneelle tyypillisen painoksen aikana tapahtuvia värimuutoksia.</p>	<p>1. Kalibroidaan painokone (täysi kalibrointi).</p> <p>2. Painetaan 3 kpl ECI2002 -testiarkkia kalibroinnin jälkeen sekä 200 pinnan välein (painotyön välissä) 1200 pintaan asti. Paperina käytetään SRA3 Magno Satin 170g/m<sup>2</sup>. Ajurin väriasetuksista valitaan "CMYK Simulation Profile: None".</p> <p>3. Mitataan kaikki arkit ja lasketaan kunkin tilanteen värinotto kolmen arkin keskiarvona.</p>
<p><b>3. Painokoneen kalibroinnin vaikutus värinottoon</b></p>	
<p><b>3.1</b> Selvitetään muutoksia väriarvoissa, kun suoritetaan C7000VP:n täysi kalibrointi (kolme eri kalibrointitapaa).</p>	<p>1. Painetaan 3 kpl ECI2002 -testiarkkia 1200 painopinnan työn jälkeen (testin 2 jälkeen). Paperina käytetään SRA3 Magno Satin 170g/m<sup>2</sup>. Ajurin väriasetuksista valitaan "CMYK Simulation Profile: None".</p> <p>2. Suoritetaan Shading Correction.</p> <p>3. Painetaan 3 kpl testiarkkeja.</p> <p>4. Suoritetaan Auto Gradation Correction.</p> <p>5. Painetaan 3 kpl testiarkkeja.</p> <p>6. Suoritetaan Shading Correction uudestaan.</p> <p>7. Painetaan 3 kpl testiarkkeja.</p> <p>8. Suoritetaan Calibration.</p> <p>9. Painetaan 3 kpl testiarkkeja.</p> <p>10. Mitataan testiarkit ja verrataan arvoja kalibroituun lähtötilanteeseen ennen 1200 painopinnan työn aloittamista.</p>

<p><b>3.2</b> Selvitetään pelkän linearisoinnin (Calibration) värejä korjaavaa vaikutusta</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kalibroidaan painokone (täysi kalibrointi).</li> <li>2. Painetaan 800 pinnan painotyö.</li> <li>3. Painetaan 3 kpl ECI2002-testiarkkeja.</li> <li>4. Suoritetaan Calibration.</li> <li>5. Painetaan 3 kpl testiarkkeja.</li> <li>6. Mitataan testiarkit ja verrataan arvoja kalibroituun lähtötilanteeseen ennen 800 painopinnan työn aloittamista.</li> </ol>																				
<p><b>4. ICC-väriprofiilien ja ajurin väriasetusten vaikutus värintoistoon</b></p>																					
<p>Selvitetään värinannon eroja, kun käytetään valmista yleisprofiilia, itse luotua profiilia ja toiselle paperille luotua, väärää, profiilia tai kun väriprofiilien käyttö ohitetaan.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kalibroidaan painokone (täysi kalibrointi)</li> <li>2. Painetaan A3 Canon High Grade 100 g/m<sup>2</sup> -paperille (, jolle on sekä Canonin oletusprofiili sekä oma, Process Controlilla tehty) 5 kpl ECI2002-testiarkkia alla olevan taulukon asetusyhdistelmillä.</li> </ol> <table border="1" data-bbox="898 952 1409 1361"> <thead> <tr> <th>CMYK Simulation Profile</th> <th>Output Profile</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>None</td> <td>Oikea Default-profiili</td> </tr> <tr> <td>None</td> <td>Väärä profiili (Magno)</td> </tr> <tr> <td>Colorwise OFF</td> <td>Oikea Default-profiili</td> </tr> <tr> <td>Colorwise OFF</td> <td>Väärä profiili (Magno)</td> </tr> <tr> <td>ISO Coated v2</td> <td>Oikea Default-profiili</td> </tr> <tr> <td>ISO Coated v2</td> <td>Väärä profiili (Magno)</td> </tr> <tr> <td>ISO Coated v2</td> <td>Oikea, oma, profiili</td> </tr> <tr> <td>ISO Coated v2</td> <td>Oikea Default-profiili</td> </tr> <tr> <td>None</td> <td>Oikea Default-profiili</td> </tr> </tbody> </table> <p>Kahdessa viimeisessä kohdassa käytetään ECI2002-testiarkkia, johon on liitetty (assign) Photoshopissa ISO Coated v2 (ECI) -profiili. Muissa vaiheissa käytetään profiilitonta arkkiä. Kaikissa vaiheissa simulointimetodina on Full (Source GCR) sekä Paper Simulation: Off.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Mitataan jokaisesta 3 keskimmäistä ja lasketaan värierot ISO Coated v2 (ECI) -profiilin arvoihin.</li> </ol>	CMYK Simulation Profile	Output Profile	None	Oikea Default-profiili	None	Väärä profiili (Magno)	Colorwise OFF	Oikea Default-profiili	Colorwise OFF	Väärä profiili (Magno)	ISO Coated v2	Oikea Default-profiili	ISO Coated v2	Väärä profiili (Magno)	ISO Coated v2	Oikea, oma, profiili	ISO Coated v2	Oikea Default-profiili	None	Oikea Default-profiili
CMYK Simulation Profile	Output Profile																				
None	Oikea Default-profiili																				
None	Väärä profiili (Magno)																				
Colorwise OFF	Oikea Default-profiili																				
Colorwise OFF	Väärä profiili (Magno)																				
ISO Coated v2	Oikea Default-profiili																				
ISO Coated v2	Väärä profiili (Magno)																				
ISO Coated v2	Oikea, oma, profiili																				
ISO Coated v2	Oikea Default-profiili																				
None	Oikea Default-profiili																				

<p><b>5 GCR-asetuksen vaikutus värinatoon</b></p> <p>Tarkastellaan väriasetuksien "CMYK Simulation Method" kohdan Source GCR / Output GCR -vaikutusta värinatoon.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kalibroidaan painokone (täysi kalibrointi).</li> <li>2. Painetaan A3 Canon High Grade 100 g/m<sup>2</sup> -paperille 5 kpl ECI2002-testiarkkia asetuksilla CMYK Simulation Method: <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Full (Source GCR)</li> <li>b) Full (Output GCR)</li> </ol> </li> <li>3. Mitataan 3 keskimmäistä testiarkkia ja lasketaan värierot ISO Coated v2 (ECI) -profiilin arvoihin.</li> </ol>
<p><b>6. Rasterointitavan vaikutus värialaan</b></p> <p>Tutkitaan rasterointitapojen vaikutusta värialan suuruuteen / värinostoavaruuden tilavuuteen.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kalibroidaan painokone (täysi kalibrointi).</li> <li>2. Painetaan 3kpl ECI2002-testiarkkia käyttäen väriasetuksissa valintaa Resolution ja muuttamalla sen rasterointitapaa painokoneen asetuksista (Dither Pattern Settings). Joka rasterointitavalla painetaan myös valokuva-testikuva. Rasterointitavan vaihtamisen jälkeen suoritetaan Auto Gradation Correction (ohjekirjan mukaisesti).</li> </ol> <p>Painokoneen asetuksista valittavat rasterointitavat:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Newspaper</li> <li>b) High Gradation</li> <li>c) Gradation</li> <li>d) Color Tones</li> <li>e) High Resolution</li> <li>f) Rep Scan Image</li> <li>g) High Definition</li> </ol> <p>Lisäksi painetaan testiarkit myös ajurin asetuksilla:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>g) Printers Halftone: Error Diffusion</li> <li>h) Printers Halftone: Standard - Simulation: Users Def. Screen 1, johon on muutettu ColorWiseProTools:ssa rasterin muodoksi Square.</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Mitataan kaikki ja luodaan 8 kpl profiileja ProfileMakerilla.</li> <li>4. Vertaillaan profiileja PrintOpenilla.</li> </ol>

you can  
**Canon**



imagePRESS C7000VP  
**LAATUKÄSIKIRJA**







**imagePRESS C7000VP**  
**LAATUKÄSIKIRJA**



**SAATESANAT****Arvoisa lukija!**

Tämä Laatukäsikirja on tehty yhteistyössä EVTEK ammattikorkeakoulun (nyk. Metropolia Ammattikorkeakoulu) kanssa. Laatukäsikirja syntyi osana Jukka Honkosen Mediatekniikan koulutusohjelman insinööri-tutkinnon lopputyötä. EVTEKin puolelta Laatukäsikirjan tekemistä valvoi Seija Ristimäki ja Canonin puolelta valvojana ja ohjaajana toimi Seppo Virtanen.

Laatukäsikirjan pääasiallisena tarkoituksena on kertoa miten Canon imagePRESS digitaalisella painokoneella saavutetaan paras mahdollinen painolaatu ja miten se yksinkertaisesti toteutetaan.

Suuri kiitos kaikille Laatukäsikirjan tekemiseen osallistuneille ja antoisia lukuhetkiä!

**Canon Oy****Jouni Lakka**

Tuotemarkkinointipäällikkö  
Ammattitulosratkaisut



<b>1 Johdanto</b>	<b>9</b>
<b>2 Painotuotteen laatuominaisuudet</b>	<b>10</b>
2.1 Resoluutio	10
2.2 Rasterointi	11
2.3 Pisteenkasvu	13
2.4 Värintoiston tarkkuus	16
2.5 Väriala	22
<b>3 Laatuominaisuuksien mittaaminen</b>	<b>25</b>
3.1 Densitometri	25
3.2 Kolorimetri	25
3.3 Spektrofotometri	26
<b>4 Elektrofotografia</b>	<b>27</b>
4.1 Elektrofotografinen painojärjestelmä	27
4.2 Elektrofotografiapainamisen laatuhaasteet	28
4.3 Digitaalipainokoneen laiteasetukset	29
<b>5 Painolaadun vakiointi</b>	<b>30</b>
5.1 Digitaalipainokoneen kalibrointi	30
5.2 Painoalustan tasalaatuisuus	32
<b>6 ICC-pohjainen värinhallinta</b>	<b>36</b>
6.1 Profiilien luonti	37
6.2 Profiilien vaikutus	40
<b>7 Ajurin asetukset</b>	<b>41</b>
7.1 Väriasetukset	41
7.2 Kuva-asetukset	45
<b>8 Painolaadun arviointi ja vertailu</b>	<b>47</b>
8.1 Standardit ja suositukset	47
8.2 Validointi Process Control -ohjelmalla	48
<b>Lähteet</b>	<b>52</b>

Liitteet: 1200 painopinnan ajon aikana väriarvoissa tapahtuneet muutokset osaväreittäin.



## 1 JOHDANTO

Tuotteen laatua voidaan yleisesti arvioida sen mukaan, kuinka hyvin tuote vastaa käyttäjän odotuksia ja soveltuu käyttäjän tarpeisiin. Painotuotteen tilaajien odotukset painotyön laadusta vaihtelevat käyttökohteen mukaan. Tietyt painotuotteet toimivat lyhytaikaisesti viestien välittäjinä, toiset on puolestaan tarkoitettu pysyviksi informaation ja designin esitysalustoiksi. Painotyön tekijän ja asiakkaan välinen kommunikointi onkin tärkeää, jotta molemmilla osapuolilla on yhtenevä käsitys hyväksyttävästä laatusostasta.

Tässä laatuksikirjassa käsitellään painotuotteiden ja elektrofotografiapainamisen laatua ja sen mittaamista yleisesti sekä Canon imagePRESS C7000VP -digitaalipainokoneen käytön kannalta. Laitteen painojäljen laatuominaisuuksia sekä laite- ja ajurin asetusten vaikutusta painamisen laatuun on testattu useilla painatustesteillä. Mittaustuloksista nähdään esimerkiksi C7000VP:n pisteenkasvuaroja eri rasterointitavoilla, väriarvoissa tapahtuvia ajon aikaisia muutoksia sekä kalibroinnin muutoksia korjaavaa vaikutusta. Painolaadun vakiointi -osassa tarkastellaan kalibroinnin lisäksi paperin ominaisuuksia.

Mittaukseen perustuvan laadun hallintaa ja tarkkailua käsitellään C7000VP:n mukana toimitettavan Eye-One -mittalaitteiston sekä Process Control -ohjelmiston käytön kannalta. Ohjelmisto mahdollistaa väriarvoja paperityyppikohtaisesti korjaavien ICC-väriprofiilien luonnin sekä offset-standardin tavoitearvoihin vertailevan validoinnin.

Värialliselle digitaalipainamiselle tai elektrofotografialle tarkoitetun standardin puuttuessa laitteen ominaisuuksia on verrattu useissa testeissä simuloidun offset-standardin mukaiseen jälkeen. Standardeja käsittelevässä osassa on esitelty vertailukohdaksi myös vedostimille olemassa olevaa standardia.

## 2.1 Resoluutio

Kuvien ja tekstin yksityiskohtien tarkkuuden määrää suurelta osin laitteen optinen järjestelmä. Canon imagePRESS C7000VP -digitaalisessa painokoneessa laserilla valotettavalle kuvarummulle voidaan piirtää suurimmalla tarkkuudella 1200 pistettä tuumalle (dpi).

C7000VP:n painamisen maksimitarkkuus riippuu kuitenkin aineiston elementtien tyypeistä. Suurinta 1200 dpi:n tarkkuutta on mahdollista käyttää tekstile ja muulle vektorimuotoiselle grafiikalle. Pikselikuvien tarkkuusmaksimi on 600 dpi.

Dpi-arvon lisäksi painojäljen tarkkuuteen vaikuttaa laitteen mahdollinen kyky valottaa yksittäistä pistettä erilaisilla valotehoilla, jolloin se voi saada useita sävyarvoja. Pistekohtainen sävyarvojen määrä ilmoitetaan bittisyvyyden avulla. C7000VP:n maksimitarkkuus voidaan ilmoittaa muodossa 1200 x 1200 dpi x 8 bit. Laitteen pisteet voivat näin saada  $2^8=256$  eri välisävyä.

Resoluution vaikutus toistettavien välisävyjen (nk. harmaasävyjen) määrään näkyy esimerkiksi väriliukujen tasaisuudessa. Pisterasteria käytettäessä teoreettinen välisävyjen määrä (G) voidaan laskea seuraavasti:

$$G = \left[ \frac{A}{L} \right]^2 (g-1) + 1$$

missä

A = resoluutio (dpi)	
L = linjatiheys (lpi)	
g = pistekohtainen välisävyjen määrä	[7]

Näin C7000 VP:llä toistettavien välisävyjen laskennallinen määrä on esimerkiksi Color Tones (190 lpi) -rasteroinnilla n. 2500. Harvemman Newspaper (110 lpi) -rasterin käyttö lisää harmaasävyjen määrän n. 7600:aan. Mikäli valotus olisi on/off-tyyppinen (1 bit), jäisivät välisävy määrät huomattavasti alhaisemmiksi.



## 2.2 Rasterointi

Painotuotteissa valokuvat sekä muut sävykuvat tuotetaan rasteripisteiden avulla. Rasteroinnista huolehtii rasterointiprosessori, RIP (Raster Image Processor). Perinteisessä AM-rasteroinnissa tummat sävyt tuotetaan suurilla rasteripisteillä ja vaaleat sävyt pienillä. Stokastisessa rasteroinnissa muutetaan joko vain rasteripisteiden lukumäärää tai sekä pisteen kokoa että lukumäärää. [3]

C7000VP:n ajurin Image-välilehden Printers Halftone -valikosta voidaan valita rasterointitapa 11:stä vaihtoehdosta (Standard, Resolution, Gradation, Error Diffusion sekä Pattern 1-7). Osassa rasterointitavoista on yhdistelty erilaisia rasterointikuvioita objektiokohtaisesti, jolloin kuvalla, grafiikalla ja tekstillä voi olla erilaiset rasterointikuviot. Taulukossa 1 näkyvät rasterointivaihtoehtojen objektiokohtaiset rasterointikuvioasetukset.

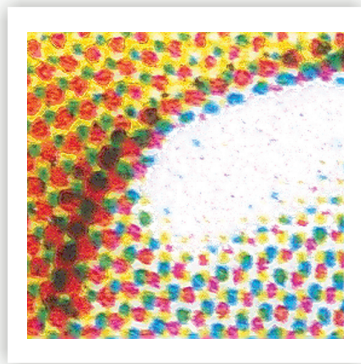
**Taulukko 1** C7000VP:n ajurista valittavissa olevat rasterointitavat.

Laiteohjaimen valinta	Kuva	Grafiikka	Teksti
Standard	Gradation	Gradation	Resolution
Resolution	Resolution	Resolution	Resolution
Gradation	Gradation	Gradation	Gradation
Error Diffusion	ED	ED	ED
Pattern 1	Resolution	ED	ED
Pattern 2	Gradation	ED	ED
Pattern 3	Resolution	Resolution	ED
Pattern 4	Gradation	Gradation	ED
Pattern 5	Gradation	Resolution	Resolution
Pattern 6	Gradation	Gradation	Resolution
Pattern 7	Gradation	Resolution	ED

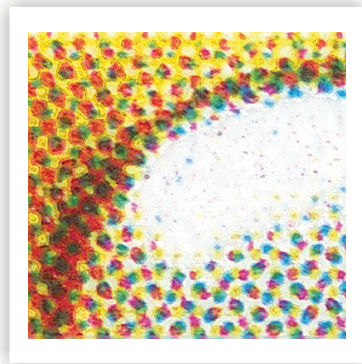
Rasterointikuvioiden muokkaaminen tapahtuu muuttamalla Gradation tai Resolution -rasterointikuvion määrittystä laitteen järjestelmäasetuksista (System Settings - Device Management Settings - Dither Pattern Settings). Gradation ja Resolution voidaan asettaa käyttämään taulukon 2 mukaisia määrittäyksiä. Näin lopullinen rasterointitapojen määrä on varsin laaja.

**Taulukko 2** C7000VP:n käyttäjäasetuksista valittavat rasterointimäärittäykset.

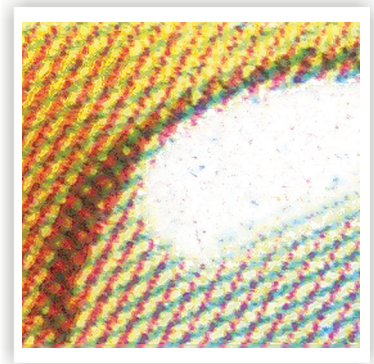
Määrittäys	LPI	Rasteri
Newspaper	110	Piste
High Gradation	130	Piste
Gradation	170	Viiva
Color Tones	190	Piste
High Resolution	268	Viiva
Rep. Scan Image	220	Viiva
High Definition	212	Piste



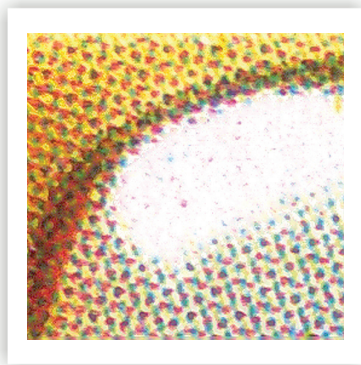
Newspaper  
(110 LPI, piste)



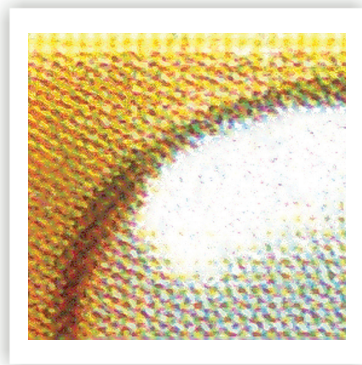
High Gradation  
(130 LPI, piste)



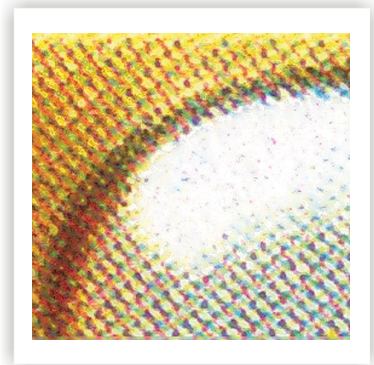
Gradation  
(170 LPI, viiva)



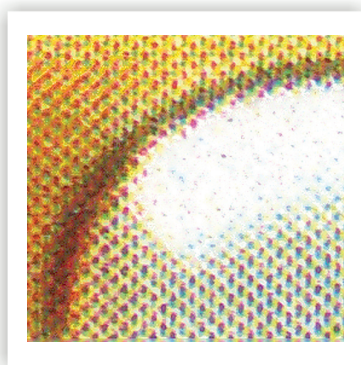
Color Tones  
(190 LPI, piste)



High Resolution  
(268 LPI, viiva)



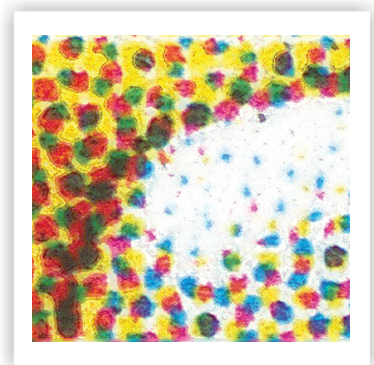
Reproduce Scan Image  
(220 LPI, viiva)



High Definition  
(212 LPI, piste)



Error Diffusion



User Defined Screen 1  
(85 LPI, neliö)

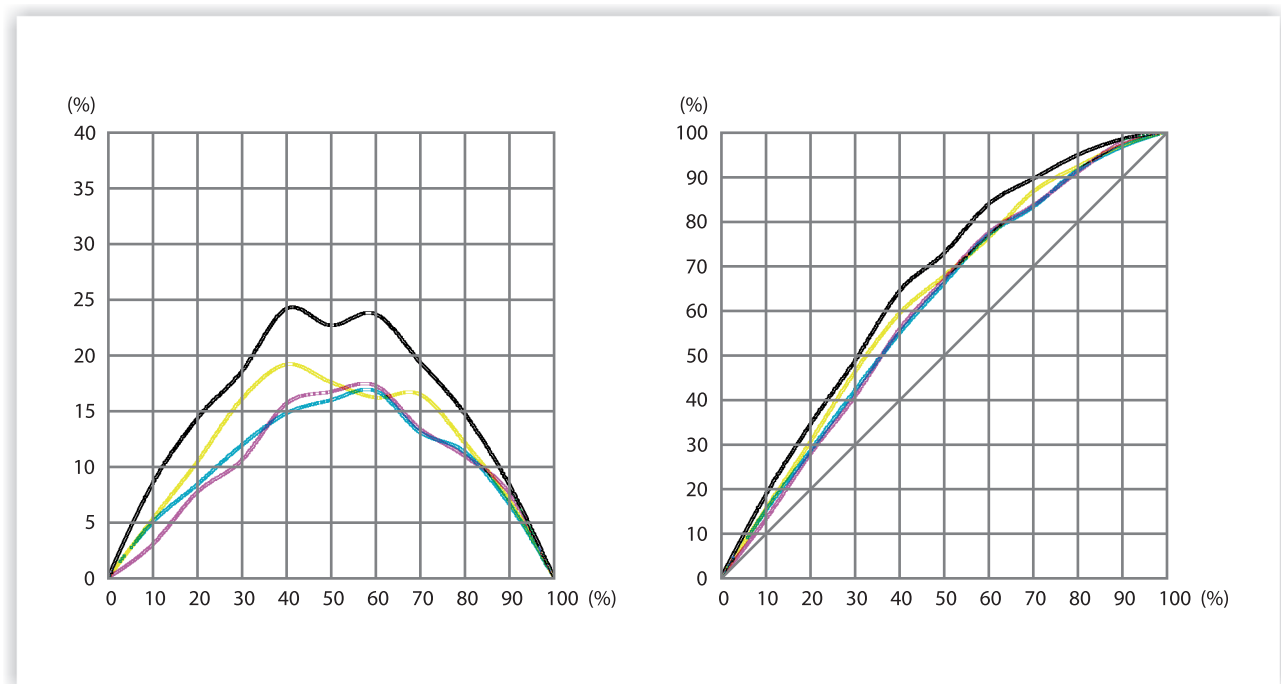
**Kuva 1** Suurennoksia C7000VP:n erilaista rasterirakenteista.

Ajurin Image-välilehdellä on Printers Halftone -valikon lisäksi myös toinen rasterointiin vaikuttava valikko: Halftone Simulation. Kun Halftone Simulation -kohdassa on valittuna Printer's Halftone, käytetään edellä kuvattuja rasterointitapoja, joiden toimintaan vaikuttavat laitteen rasterointimäärittelyt. Valittaessa User Defined Screen 1–3 -vaihtoehto voidaan itse määrittellä käytettävät linjatiheydet, rasterikulmat ja rasterikuvio (linja, ellipsi, ympyrä, neliö tai itse muokattu kuvio). Tämä tapahtuu ColorWise Pro Tools:in Color Setup -valikon Halftone Simulation -välilehdellä. Kuvassa 1 on esitetty suurennoksia erilaisilla rasterointiasetuksilla tehdyistä painatuksista.

## 2.3 Pisteenkasvu

Pisteenkasvusta voidaan käyttää myös nimitystä peittoasteen kasvu. Mittaamalla kontrollikiila densitometrillä tai spektrofotometrillä saadaan tieto värien peittoasteista. Mitattujen arvojen ja digitaalisen originaalin peittoaste-tietojen erotus kertoo, kuinka paljon väripinta-alan peitto on kasvanut.

Pisteenkasvu kuvataan yleensä joko pisteenkasvukäyrän tai ominaiskäyrän avulla (kuva 2). Molemmista voidaan nähdä kunkin peittoasteen pisteenkasvu. Pisteenkasvukäyrällä kuvataan mitta- ja originaaliarvojen erotukset ja ominaiskäyrällä puolestaan mitatut arvot. Värien hallittavuuden kannalta pisteenkasvun tulisi olla mahdollisimman tasaista ja kaikilla osaväreillä saman suuruista.

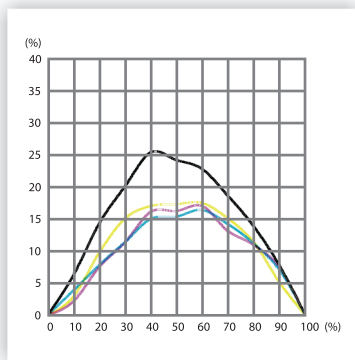


**Kuva 2** Pisteenkasvukuvaajat (vasen) ja ominaiskäyräkuvaajat (oikea) kaikille osaväreille.

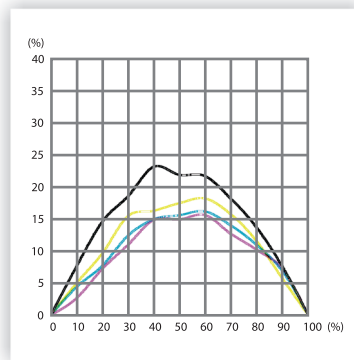
Digitaalisten painomenetelmien yhteydessä puhutaan usein pisteen kasvamattomuudesta. Lehtisen (2006) insinööriyössä vertailtiin eri laitevalmistajien elektrofotografiapainojälkeä myös pisteenkasvun osalta. Pisteenkasvua esiintyi kaikilla laitteilla, lukuun ottamatta yhtä, jonka pisteenkasvu oli hyvin vähäistä. Mikäli kyseisellä laitteella painettiin aineistoa, joka oli eroteltu normaalin, n. 20 % pisteenkasvun mukaisesti, toistui aineisto väärin ilman erillistä sovitusta työnkulussa. [11]

Kuvassa 3 näkyy C7000VP:n pisteenkasvukuvaajia, jotka on saatu mittaamalla samalle paperille (Canon High Grade 100 g/m<sup>2</sup>) eri rasterointiasetuksilla painettuja testiarkkeja. Testissä väriprofiiliton CMYK-testiarkki painettiin CMYK Simulation = None -asetuksella, jolloin muunnos kohdeprofiilin väreihin ohitettiin; kalibrointitieto vaikutti kuitenkin värinantoon.

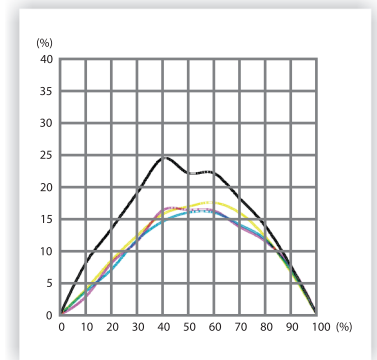
Lukuun ottamatta erittäin harvaa rasteria (User Defined Screen 1), C7000VP:n pisteenkasvu on suhteellisen samankaltaista kaikilla rastereilla. Mustan pisteenkasvu on suurinta, keskiarvoilla 20–25 %:n luokkaa, kromaattisten värien pisteenkasvun ollessa 15–20 % välillä.



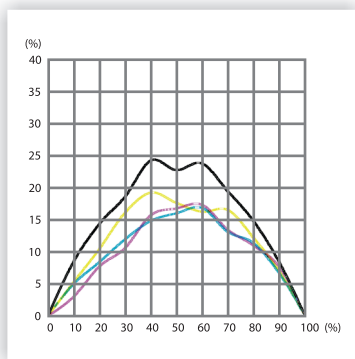
Newspaper



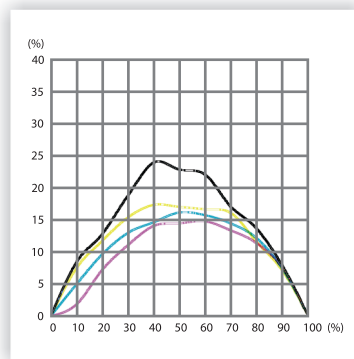
High Gradation



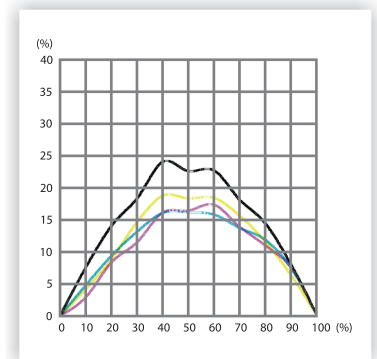
Gradation



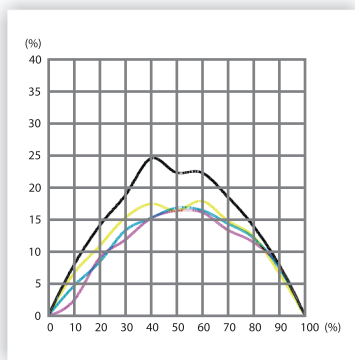
Color Tones



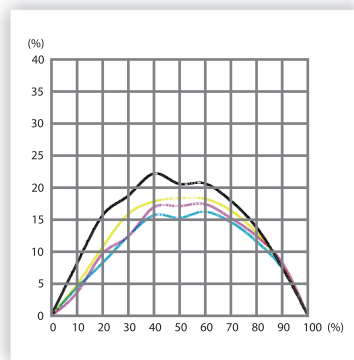
High Resolution



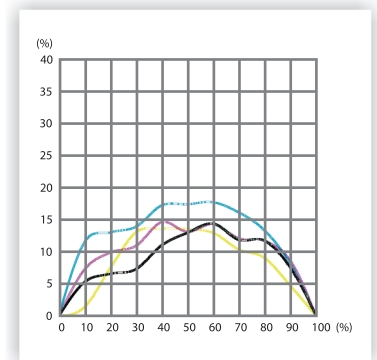
Reproduce Scan Image



High Definition

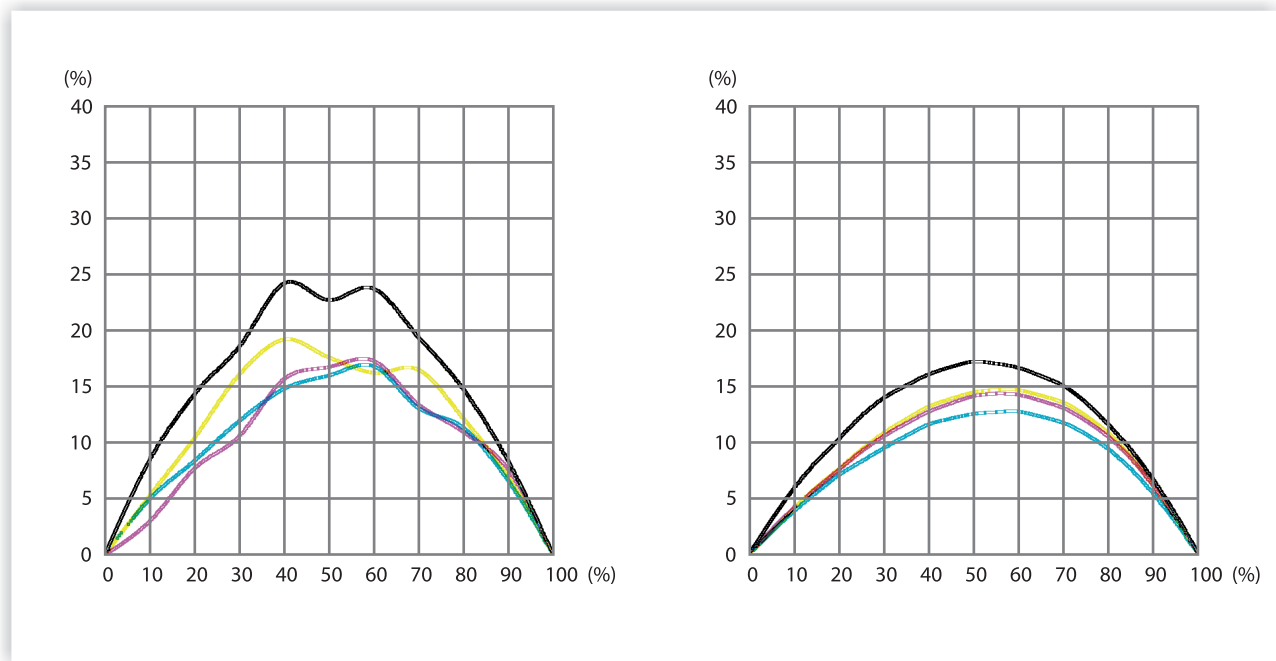


Error Diffusion



User Defined Screen 1

**Kuva 3** C7000VP:n pisteenkasvu eri rasterointiasetuksilla.



**Kuva 4** C7000VP:n pisteenkasvu (vasen) verrattuna ISO Coated v2 -profiilin mukaiseen offsetin tavoitepisteenkasvuun päällystetyille paperityypeille (oikea).

Kuvassa 4 on rinnakkain C7000VP:n pisteenkasvu (Color Tones -rasteroinnilla) sekä ISO 12647-2:2004 -offset-standardiin pohjautuvan ISO Coated v2 -profiilin pisteenkasvukuvaajat. Kyseisen profiilin pisteenkasvu kuvaa offsetin tavoitepisteenkasvua päällystetyille papereille. Vertailukuvaaja on siis yksi standardissa määritellyistä pisteenkasvutavoitteista, johon vaikuttaa paperityypin lisäksi mm. linjatiheys. Offset-standardi määrittelee kuitenkin yleisesti, että mustan osaväriin pisteenkasvun tulee olla 0-3 %-yksikköä CMY-värien pisteenkasvua suurempi. Lisäksi keskisävyistä mitatuille pisteenkasvuarvoille sallitaan offsettuotannossa  $\pm 4$  %-yksikön poikkeama tavoitearvosta. CMY-värien pisteenkasvuarvot saavat vaihdella keskenään korkeintaan 5 %-yksikön verran. [8]

Mitattujen pisteenkasvuarvojen perusteella C7000VP:n pisteenkasvu on lähellä offsetpainon tavoitearvoja. Oletettavasti laitteen kehitystyössä onkin tavoiteltu offsetmaista pisteenkasvua. Rasterointitavasta riippumatta CMY-värien keskisävyjen pisteenkasvuarvot poikkeavat päällystetyn paperin offset-tavoitearvosta vähemmän kuin  $\pm 4$  %-yksikköä ollen näin offset-toleranssien sisällä. Kaikilla rasterointiasetuksilla kromaattisten CMY-värien pisteenkasvukuvaajat ovat suhteellisen tasaisia ja poikkeavat keskisävyissä toisistaan alle 5 %-yksikköä. Erittäin harvalla rasterilla (User Defined Screen 1) erot osavärien välisissä pisteenkasvuarvoissa ovat kuitenkin merkittävästi suurempia pienillä peittoasteilla.

Mustan osaväriin pisteenkasvu on harvaa rasteria lukuun ottamatta kromaattisia värejä suurempaa; kuitenkin enemmän kuin offsetpainolle sallittu 0-3 %-yksikön ero. Mustan pisteenkasvuissa on havaittavissa 50 %-peittoasteen kohdalla ”korjaava notkahdus”, mistä johtuen  $\pm 4$  %-yksikön toleranssiväli ylittyy kyseisellä peittoasteella vain hieman vertailtuun mustan offset-tavoitearvoon nähden.



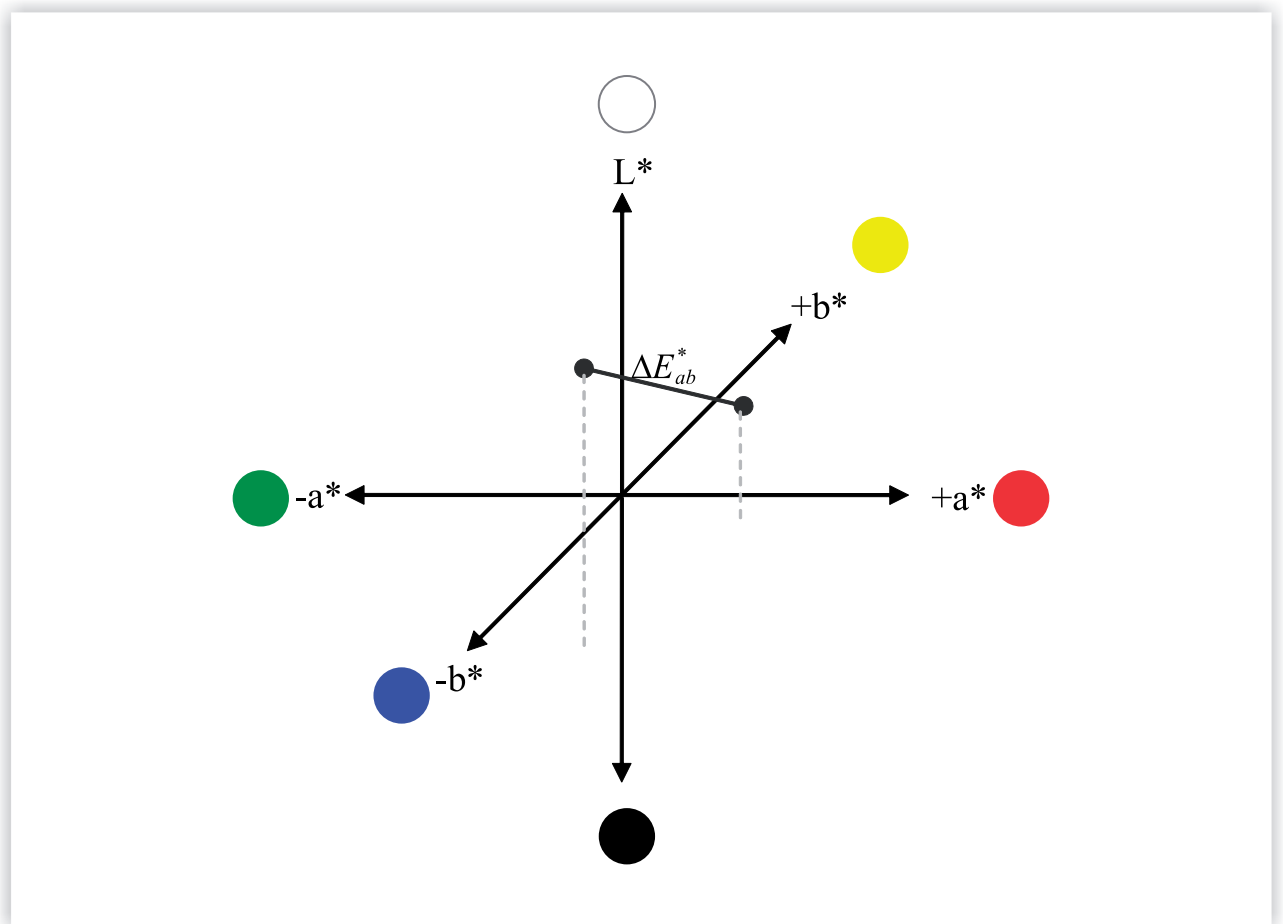
## 2.4 Värintoiston tarkkuus

### Värieron laskenta

Värien mittaaminen sekä digitaalinen käsittely vaatii värien esittämistä numeroina. Värien numeerisen esittämisen perustalla on CIE:n (Commission Internationale de l'Eclairage) XYZ-perusvärimalli. Vuodelta 1931 peräisin oleva värimalli on luotu vastaamaan mahdollisimman hyvin keskimääräisen, normaalin värinäön omaavan havainnoijan eli standardihavainnoijan värinäköä.

XYZ-perusvärimallia ei kuitenkaan suunniteltu väriarvojen vertailuun. CIE kehittikin perusvärimallista CIE Lab-mallin, jonka avulla saadaan kahden värin erolle numeerinen arvo, jota merkitään  $\Delta E$ :llä tai  $\Delta E^*$ :llä (delta-E).

CIE Lab -värimallissa väri ilmoitetaan kolmen luvun avulla ( $L^*$ ,  $a^*$  ja  $b^*$ ). Värin sävyn määräävät sen  $a^*$  ja  $b^*$  -arvot ja värin vaaleuden  $L^*$ -komponentin arvo. Väriarvot voidaan kuvata  $L^*$ ,  $a^*$  ja  $b^*$ -akselien muodostamassa koordinaatistossa, jolloin  $a^*$ -akseli on karkeasti vihreä-punainen-akseli ja  $b^*$ -akseli sininen-keltainen -akseli. Kuvassa 5 näkyy, kuinka väriero lasketaan CIE Lab -avaruudessa yksinkertaisesti värikoordinaattien etäisyytenä.



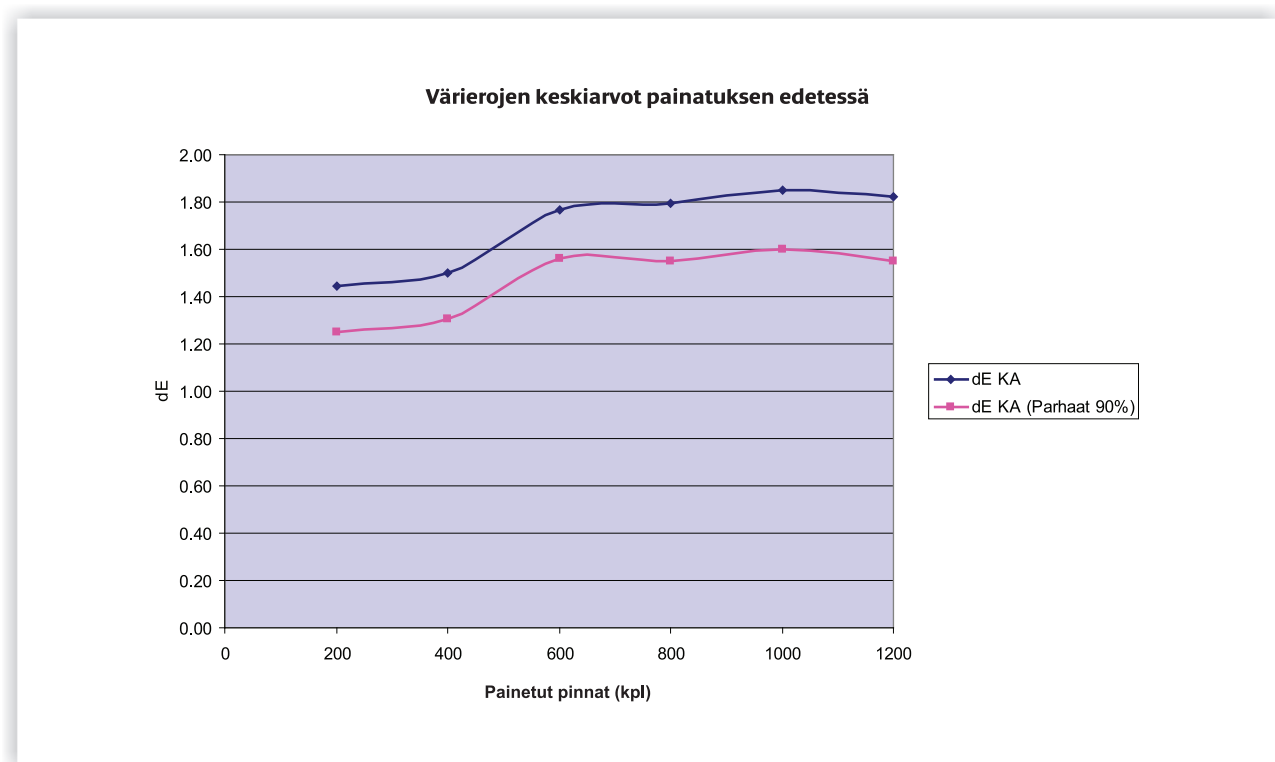
**Kuva 5** Kahden värin väriero lasketaan CIE Lab -väriavaruudessa värikoordinaattien etäisyytenä.

CIE Lab:in tarkkuutta parantamaan on luotu uudempia värieromalleja, kuten CIE94 ja CIEDE2000. Ne sisältävät kuitenkin painotuskertoimia, jotka määrittävät esimerkiksi katseluolosuhteiden ja värinäytteen pintaominaisuuksien sekä koon mukaan, minkä vuoksi niiden perusteella saatavat värieroarvot ovat vertailukelpoisia keskenään vain kyseisillä parametreilla. Tämän johdosta ne eivät sovellu yleisiksi värierojen laskentamalleiksi, jollaisena yksinkertainen CIE Lab toimii riittävällä tarkkuudella.

## Väriarvojen muutokset 1200 painopinnan työssä

C7000VP:n painojäljen värimuutoksia tarkasteltiin 1200 pinnan painotyön aikana. Kalibroinnin jälkeen laitteella painettiin 200 painopinnan välein kolme väritestiarkkia, jotka sisälsivät 1485 värinäytettä. Tuloksia käsiteltäessä näiden kolmen testiarkin väriarvoista laskettiin keskiarvot, jolloin saatiin laitteen tilaa kuvaava värintoisto. Näin pyrittiin eliminoimaan yksittäisissä mittauksissa olleita pieniä poikkeamia. Paperina testissä oli SRA Magno Satin 170 g/m<sup>2</sup>, jota käytettiin myös varsinaisen painotyön paperina.

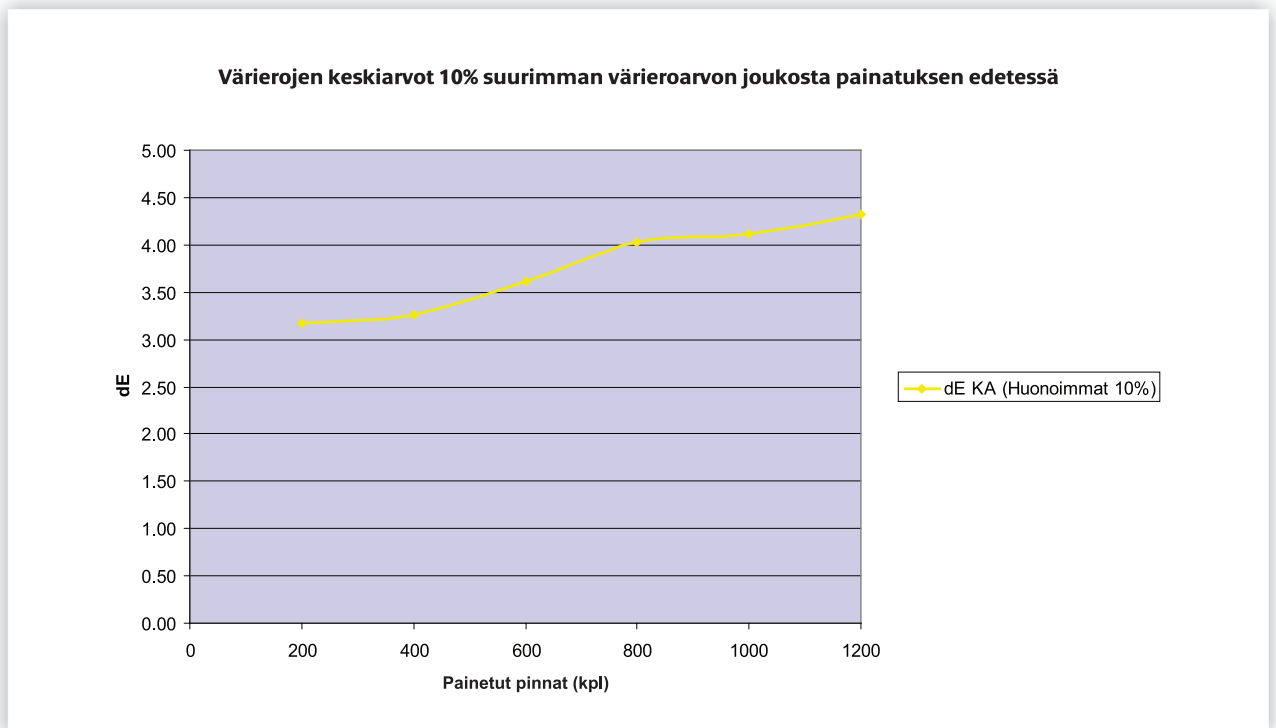
Seuraavissa kuvissa kunkin tilan väriarvoja on verrattu kalibroinnin jälkeisen lähtötilanteen väriarvoihin. Kuvajissa keskiarvograafi (dE KA) kuvaa kaikkien 1485 lasketun värieroarvon keskiarvoja. "Parhaat 90%" -graafi kuvaa värierojen keskiarvoa joukosta, joka sisältää kaikista värieroarvoista 90 % siten, että suurimmat värieroarvot on rajattu pois. Nämä suurimmat värieroarvot ovat puolestaan "Huonoimmat 10%"-joukossa.



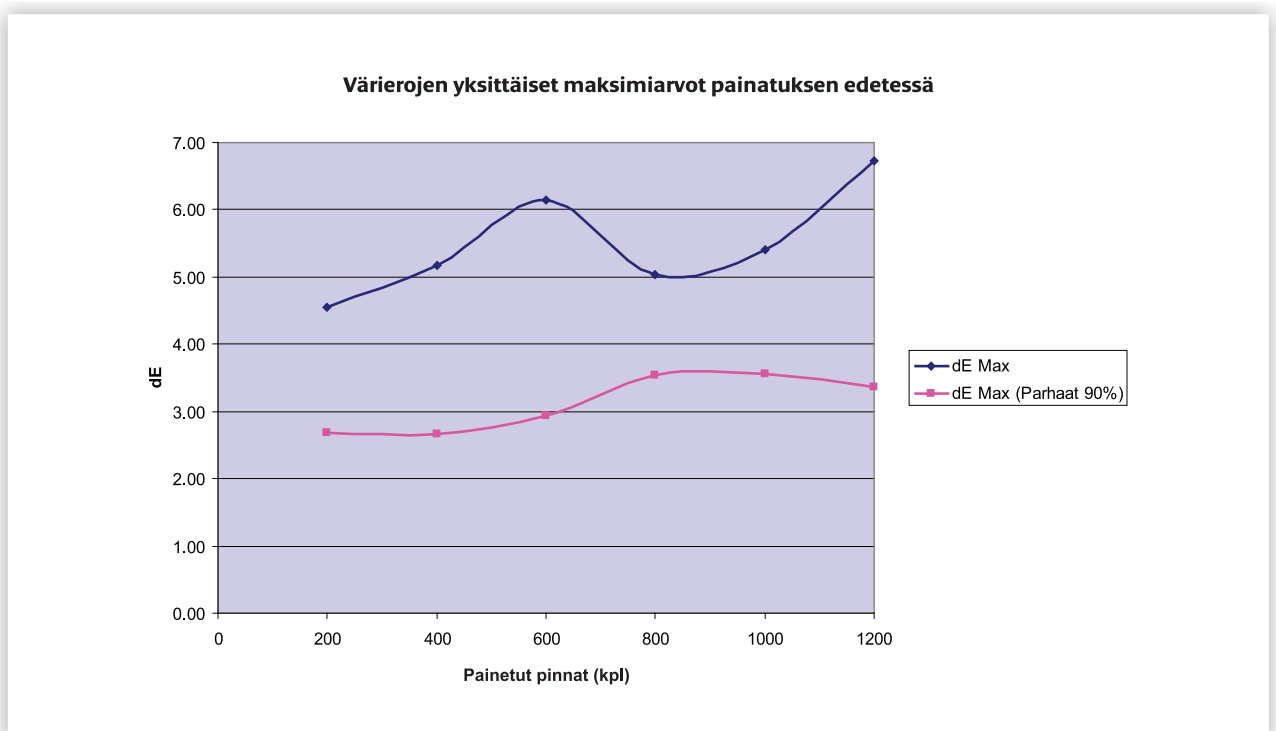
**Kuva 6** Värierojen keskiarvojen kehitys 1200 painopinnan ajon aikana.

Kuvasta 6 nähdään, että suurin väriarvojen muutos tapahtuu ensimmäisen 200 painopinnan aikana. Painokoneen kalibroinnin jälkeisen tilan värinannon muutokset tasaantuvat kuitenkin painotyön alkuvaiheessa. Väriarvoissa on tapahtunut myös keskiarvoissa näkyviä muutoksia 400 ja 600 painopinnan välillä, minkä jälkeen värinanto on ollut tasaista. Koska värierot muuttuvat kaikkien väriarvojen joukossa samansuuntaisesti kuin 90 % parhaan värieroarvon joukossa, keskiarvon muutoksia eivät aiheuta pelkästään värit, joiden värimuutokset ovat suurimpia.

Kuva 7 kertoo suurimpien värieroarvojen joukon keskiarvon muutokset. Värierot kasvavat alun suurinta muutosta lukuun ottamatta tasaisesti. Myös värierojen yksittäisissä maksimiarvoissa, eli suurimmissa mitatuissa värieroissa, (kuva 8) on nähtävissä kasvua painatuksen edetessä. Näkyvimvät väripoikkeamat siis tulevat entistä näkyvimmiksi painatuksen edetessä, vaikka suuri osa väreistä muuttuu vain vähän.



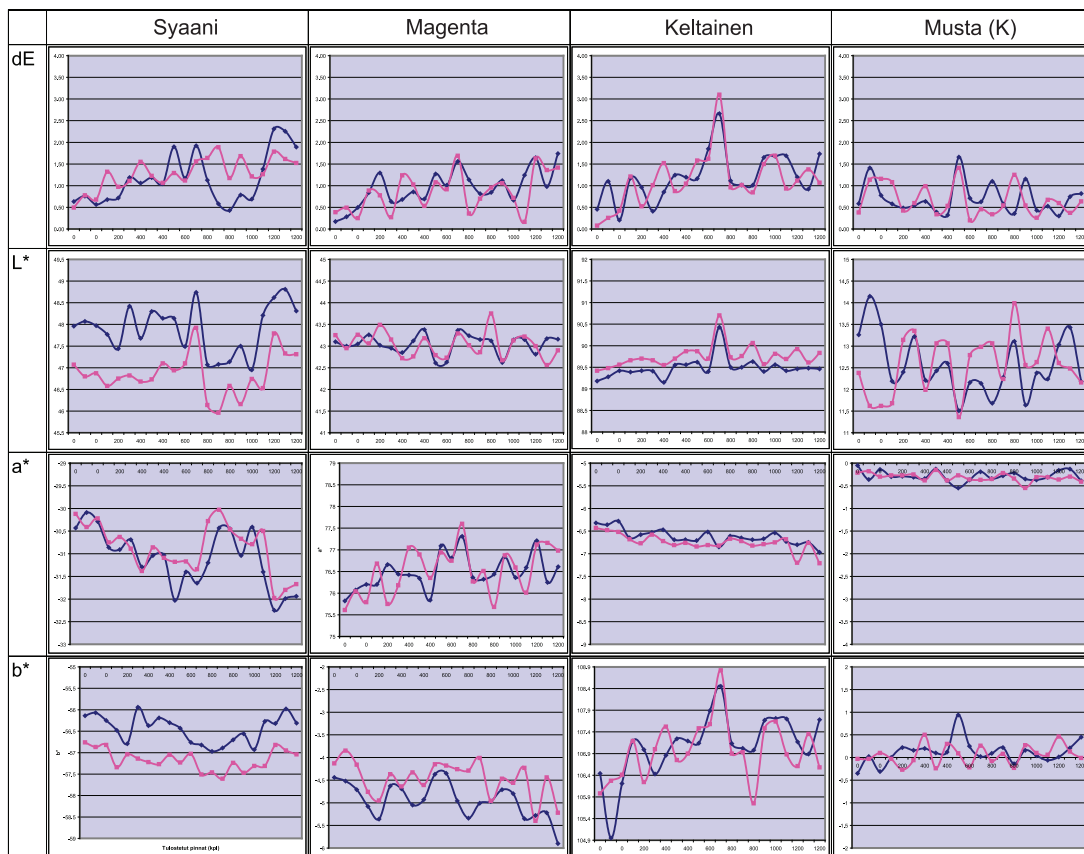
**Kuva 7** Värierojen keskiarvojen kehitys 1200 painopinnan ajon aikana suurimpien värieroarvojen joukossa.



**Kuva 8** Värierojen maksimiarvot 1200 painopinnan ajon aikana.



Prosessiväreissä (C,M,Y,K) 1200 painopinnan työn aikana tapahtuvat värimuutokset näkyvät liitteiden 1-4 kuvaajissa, joista on koottu pikkukuvat taulukkoon 3. Kunkin osaväriin Lab-arvot on mitattu testiarkin kahdesta eri kohdasta, ja ne näkyvät kuvaajissa eri värisinä viivoina. L\*, a\*, ja b\*-arvojen lisäksi kuvaajissa on esitetty dE-arvot, jotka on laskettu vertaamalla kyseisen osaväriin väriarvoja kolmen ensimmäisen testiarkin väriarvojen keskiarvoon, eli kalibroinnin jälkeiseen lähtötilanteeseen. Kaikissa kuvaajissa y-akselin vaihteluväli on neljä, joten taulukon vaakarivejä vertaamalla näkee myös osavärien väriarvojen huojunnan suuruuseroja.



**Taulukko 3** Yleiskuva osavärien värierojen sekä L\*, a\*- ja b\*-arvojen muutoksista 1200 painopinnan työn aikana. Kuvaajat ovat suuremmissa koossa liitteissä 1-4.

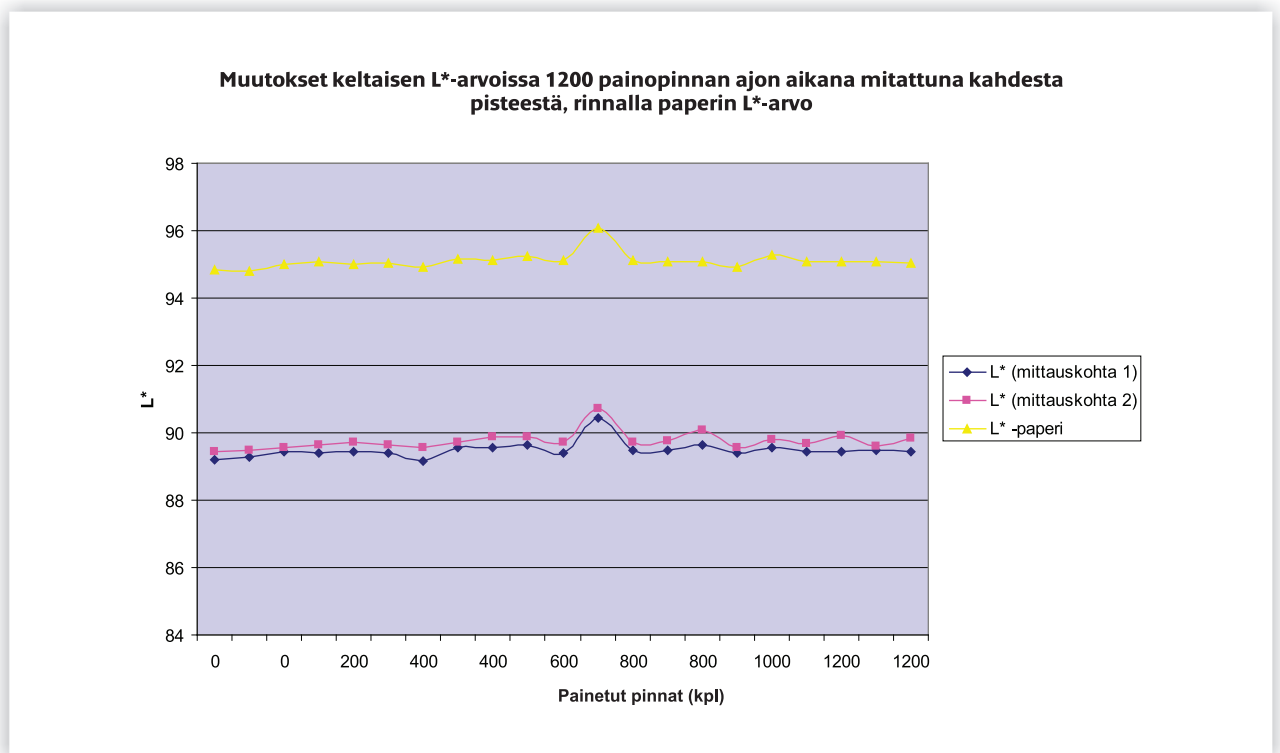
Taulukon ensimmäistä riviä tarkasteltaessa nähdään, että kromaattisten värien (CMY) värierovokuvaajat ovat suunnaltaan kasvavia - väripoikkeamat siis suurenevat painatuksen edetessä, mikä oli oletettua myös aiempien yleiskuvaajien perusteella. Magentan värimuutokset ovat hieman syaania ja keltaista pienempiä ja myös värieroarvojen vaihtelu on pienintä magentalla. Myös mustassa osaväriässä tapahtuu muutoksia, mutta sen värierot ovat painotyön ajan samaa suuruusluokkaa. Mustan kromaattisuusarvoissa tapahtuvat muutokset ovat pieniä mustan koostuessa pääosin akromaattisesta mustasta toonerista. Mustan väriarvojen poikkeamat johtuvatkin suurelta osin sen vaaleusarvojen muutoksista.

Saman arkin kahdesta eri kohtaa mitatut väriarvot ovat etenkin magentan ja keltaisen osalta lähes samansuuruisia. Syaani väri vaihtelee samassa arkissa enemmän vaaleudeltaan (L\*) sekä b\*-arvoltaan (sininen-keltainen-akselilla).

Syaanin ja mustan L\*-arvojen poikkeamat ovat suurimmat, eli näiden värien vaaleus vaihtelee eniten; vaaleusarvoissa ei kuitenkaan ole nähtävissä kasvu- tai pienenemissuuntaa, eli vaaleusarvon muutokset eivät selitä syaanin värieröjen kasvua. Syaanilla värieröjä kasvattaa eniten värin a\*-komponentin (vihreä-punainen-akselin) arvon pieneneminen.

Myöskään magentalla ja keltaisella L\*-arvojen pieni, tasainen huojunta ei aiheuta värieröarvojen kasvua. Magentan väripoikkeaman kasvu aiheutuu a\*-komponentin arvojen kasvusta ja b\*-komponentin arvojen pienenemisestä, joiden seurauksena magentan punaisuus ja sinisyys kasvavat painamisen edetessä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että magentan muodostuksessa käytettävien magenta- ja syaanitoonereiden suhteellinen määrä kasvaa hieman.

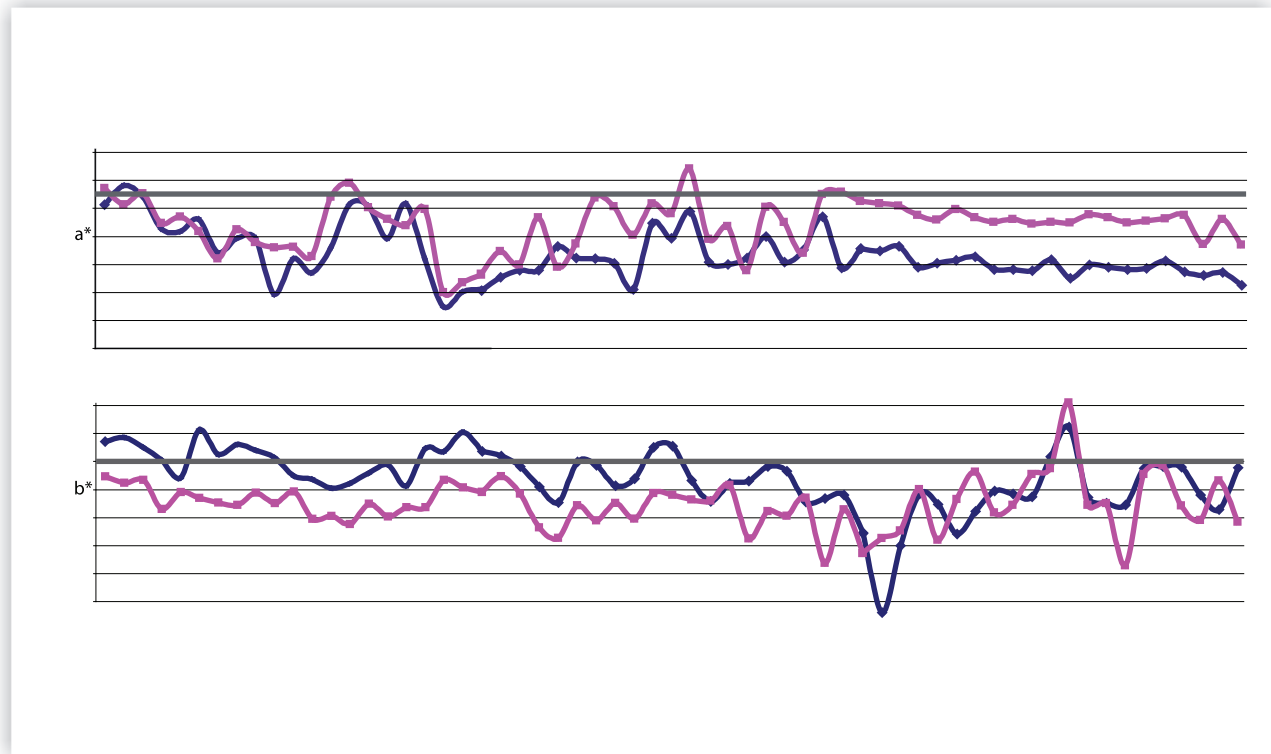
Keltaisen värieröarvojen a\*-komponentti laskee hienoisesti muuttaen sävyä vihreään päin. Enemmän väriä muuttaa kuitenkin b\*-arvojen kasvu, jolloin värin keltaisuus lisääntyy. Keltaisen toonerin suhteellinen osuus lisääntyy kuten myös vähäisen syaanimäärän osuus. Keltaiseen väriin vaikuttaa muista osaväreistä poiketen selkeästi paperin väri, mikä aiheuttaakin keltaisen osavärin värierömaksimin 600 painopinnan kohdalla. Tämä näkyy kuvan 9 graafista, jossa on kuvattu sekä papereiden, että keltaisen L\*-arvot.



**Kuva 9** Keltaisen osavärin sekä vastaavien papereiden värin L\*-arvot, jotka on mitattu 1200 painopinnan ajon testiarkeista.

Kromaattiset värit muuttuvat 1200 painopinnan ajon aikana keskimäärin 1,5 dE-arvon verran, vaikka hetkelliset värimuutokset ovat etenkin keltaisella värillä suurempia. Yleinen värieröarvojen muutos ei ole suuri, mutta kuitenkin lukuarvoltaan yli yhden dE:n, jolloin väripoikkeama voi olla näkyvä. Testin lopussa varsinaisen painotyön värimuutokset havaitsi silmämääräisesti kolmivärisistä harmaakentistä, jotka alkoivat hieman vihertää. Muuten väreissä ei ollut silmämääräisesti havaittavia muutoksia.

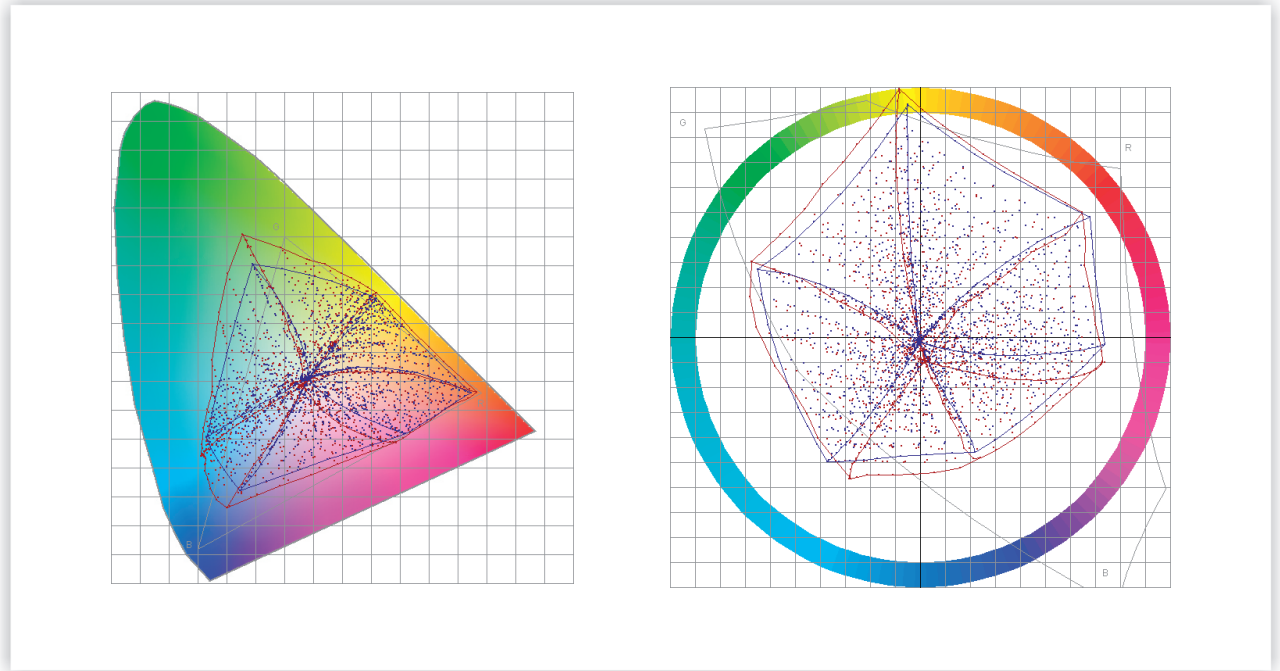
Koska kolmiväriharmaassa kaikkia osavärejä on likimain yhtä paljon, testitilanteen kolmiväriharmaan teoreettista värimuutosta voi tarkastella liittämällä taulukon 3  $a^*$ - ja  $b^*$ -kuvaajat yhteen CMY-värien osalta (kuva 10), koska kaikissa kuvaajissa on sama y-akselin vaihteluväli. Kuvaajista voidaan nähdä sekä  $a^*$ - että  $b^*$ -komponenttien arvon laskevan,  $a^*$ :n hieman enemmän. Tällöin kolmiväriharmaa muuttuisi teoriassa kohti vihreää ( $a^*$ :n pieneneminen) ja myös sinistä ( $b^*$ :n pieneneminen). Vihertäminen oli myös visuaalisen tarkastelun mukainen havainto.



**Kuva 10** 1200 pinnan ajon aikaisten CMY-värien  $a^*$ - (ylempi) ja  $b^*$ - (alempi) -arvojen kuvaajat liitettynä yhteen kolmiväriharmaassa tapahtuneen muutoksen likimääräistä arviointia varten.

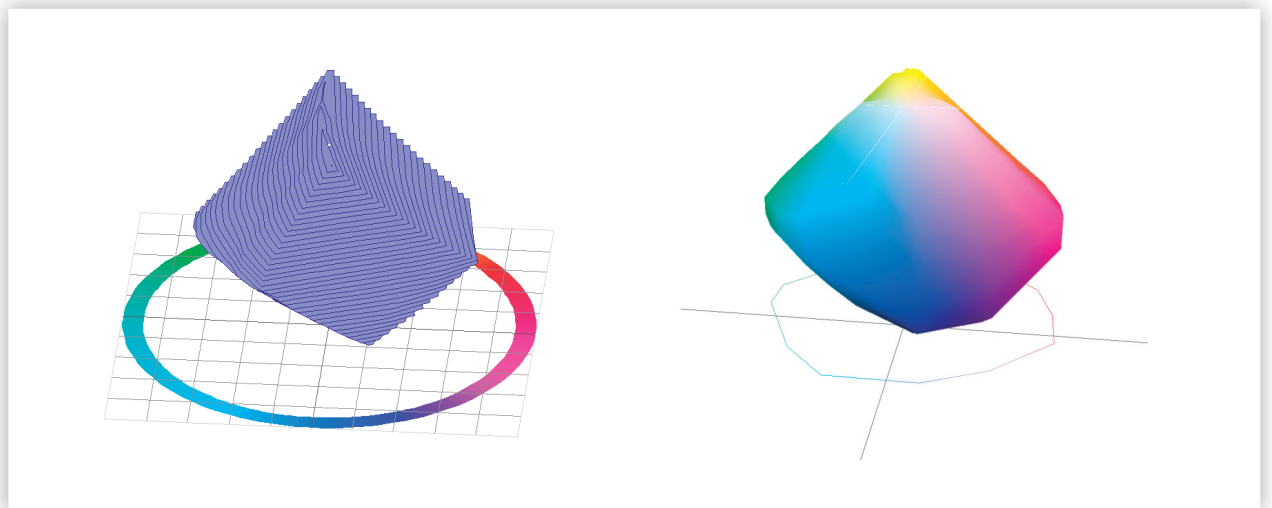
## 2.5 Väriala

Painokoneella toistettavien värien maksimimäärä on keskeinen painotuotteen laatuun vaikuttava tekijä. Kaksiulotteisen värialaan avulla voidaan kuvata, kuinka laajasti laite toistaa tietyn vaaleusarvon värejä. Väriala ilmoitetaan usein CIE:n  $xy$ ,  $a^*b^*$  tai  $u^*v^*$  -koordinaatistoissa. Kuvassa 11 näkyy kuinka kaksiulotteinen väriala voidaan piirtää värien mittausarvojen perusteella.

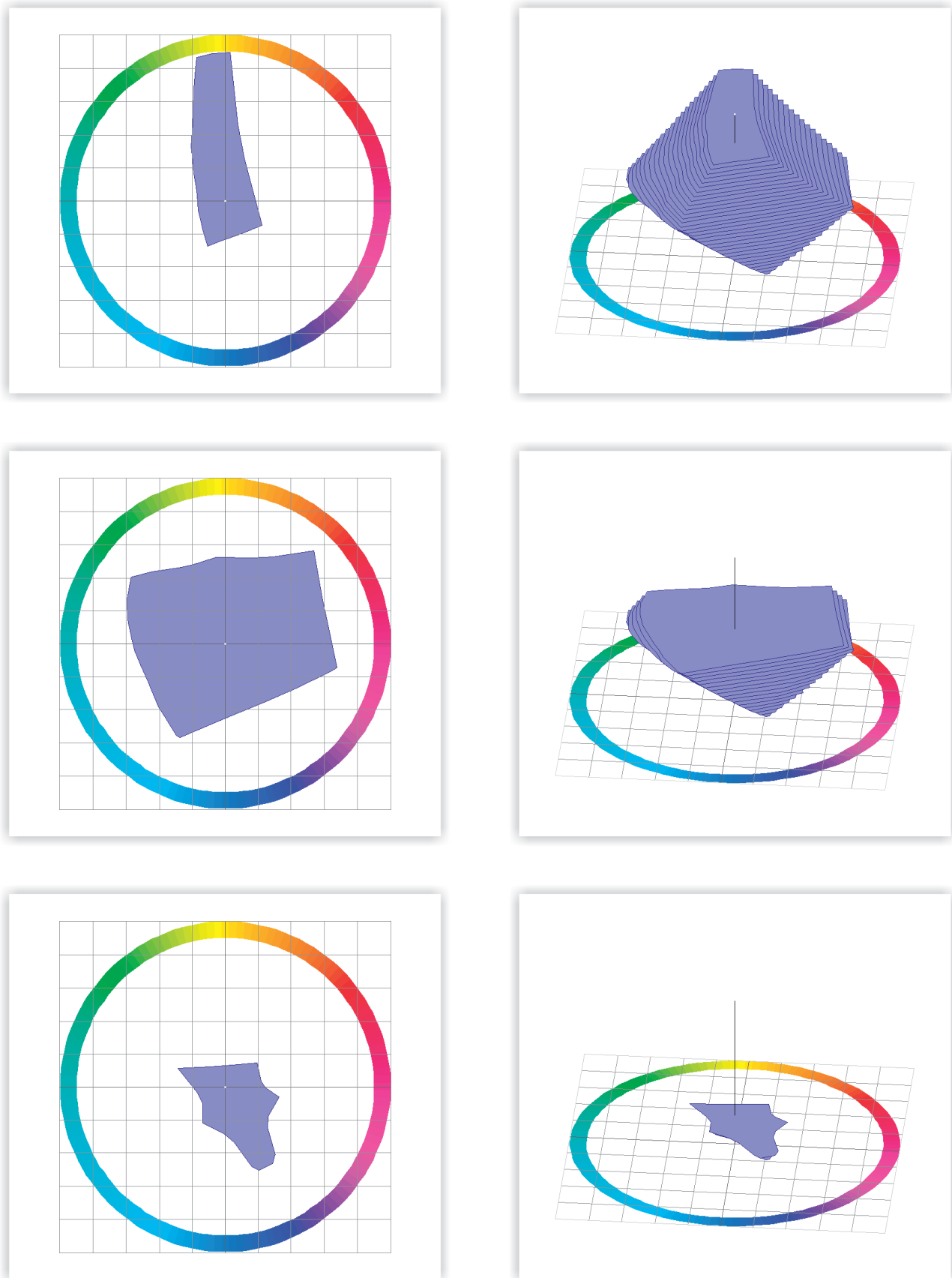


**Kuva 11** C7000VP:n väriala (punaisella) Canon High Grade 100 g/m<sup>2</sup> paperille kuvattuna  $xy$ -koordinaatistossa (vasen) ja  $a^*b^*$ -koordinaatistossa (oikea). Vertailun vuoksi kuvaajissa näkyvät myös ISO Coated v2 -arkkioffsetprofiilin väriala (sininen) sekä sRGB-avaruuden väriala (harmaa).

Kolmiulotteinen värialaesitys mahdollistaa vaaleuskomponentin (CIE:n väriarvojen  $L^*$ -komponentin) mukaan ottamisen, jolloin voidaan kuvata laitteen täydellinen värintoisto. Kuvassa 12 on aiemman kuvan väriala kuvattuna useilla  $L^*$ -arvoilla, jolloin muodostuu kolmiulotteinen esitys. Kuvassa 13 on esitetty rinnakkain tietyn vaaleustason mukainen väriala ja sitä vastaava kolmiulotteinen esitys.

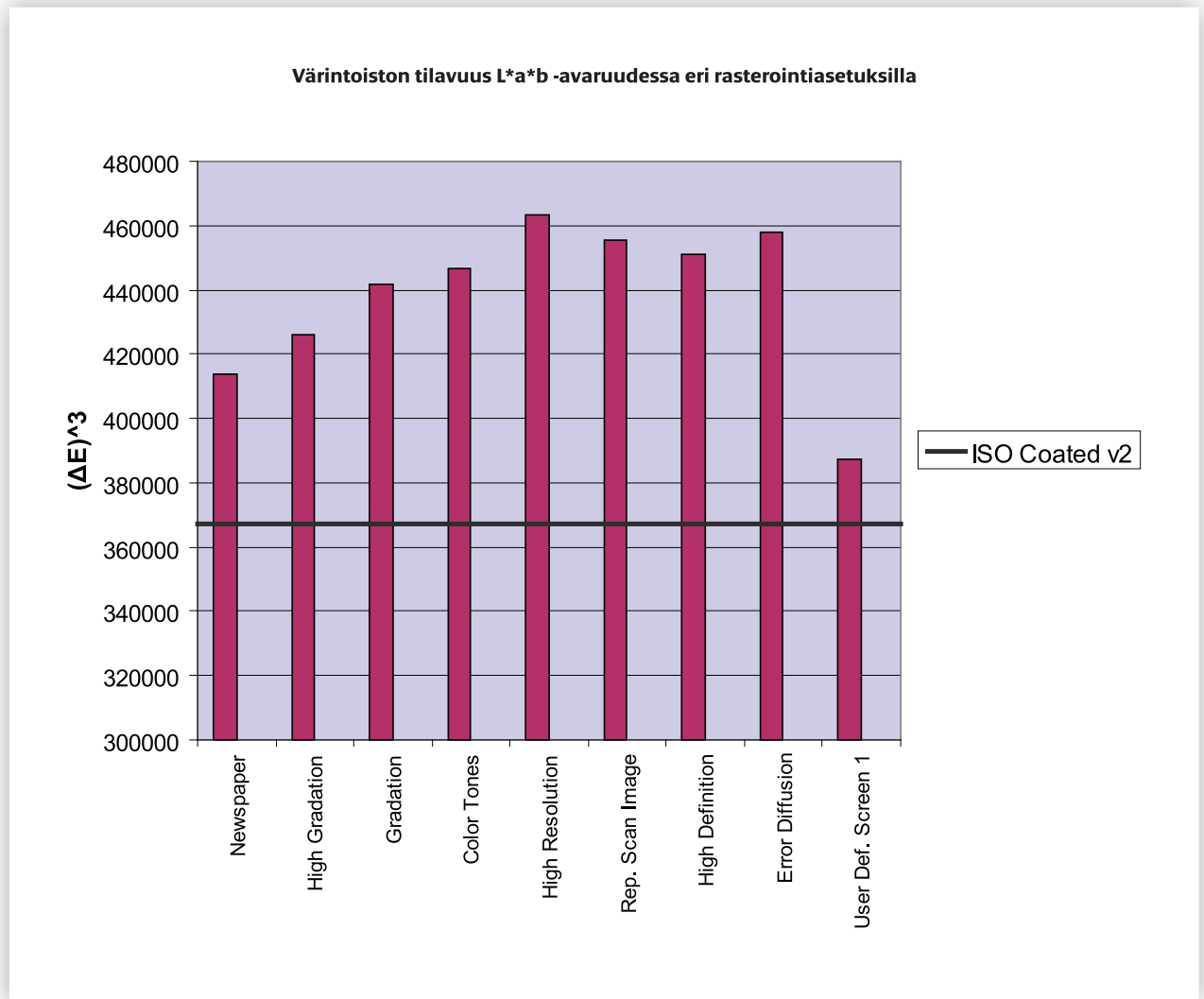


**Kuva 12** C7000VP:n värintoisto Canon High Grade 100 g/m<sup>2</sup> paperille kuvattuna kolmiulotteisessa  $L^*a^*b^*$ -koordinaatistossa.



**Kuva 13** C7000VP:n väriala Canon High Grade 100 g/m<sup>2</sup> paperille vaaleusarvoilla L\*=80 (yllä), L\*=50 (keskellä) ja L\*=20 (alla).

Värintoistokyky riippuu painokoneen lisäksi käytettävästä paperista. Yleisesti paperin vaaleuden kasvaessa myös värintoistokyky kasvaa. Myös rasterointitapa vaikuttaa merkittävästi värintoistoon, mikä nähdään kuvasta 14. Väritilavuustulokset kullekin rasterityypeille on laskettu C7000VP:llä Canon High Grade 100 g/m<sup>2</sup> -paperille painetun kolmen testiarkin värimittaustuloksen keskiarvon perusteella.



**Kuva 14** C7000VP:n värintoistolle laskettuja tilavuusarvoja (dE<sup>3</sup>) eri rasterointiasetuksilla. Musta viiva kuvaa offset-standardiin pohjautuvan ISO Coated v2 -profiilin määrittelemän väritilavuuden.

Mittauksen perusteella C7000VP:llä voi toistaa kyseiselle paperille laajemman määrän värejä, mihin ISO 12647-2:2004 -standardin mukaisessa offset-painotuotannossa päällystetyillä papereilla pyritään. Värintoistokyky vaikuttaa kasvavan linjatiheyden kasvaessa.

On kuitenkin huomattava, että vaikka C7000VP:n värintoiston määrittelemä väritilavuus on offset-tavoitearvoa suurempi, se ei tarkoita, että värintoistokyky olisi kaikkien värien osalta parempi. Aiemmin esitetyn kuvan 11 a\*b\*-koordinaatistoon piirretyistä värialakuvaajista nähdään, että kyseisellä vaaleusarvolla (L\*) offset-värialatavoite on paikoin myös C7000VP:n värialaa laajempi. Kaikkia offset-standardin määrittelemiä tavoiteväriarvoja ei ole siis mahdollista toistaa kyseisellä paperilla. Useita sävyjä voidaan kuitenkin toistaa merkittävästi enemmän kuin offset-standardin mukaisessa painotuotannossa.

### 3 LAATUOMINAISUUKSIEN MITTAAMINEN

Mittaukseen perustuvassa painotuotteiden laadunhallinnassa käytetään mittalaitteina densitometrejä sekä kolorimetrisia mittalaitteita, kuten kolorimetrejä ja spektrofotometrejä. Kolorimetriset mittalaitteet tarvitsevat värimalleja, jotta mitatun valon perusteella voidaan numeroida väri ihmissilmän värihavaintoon perustuen. Myös densitometri mukauttaa mitta-arvon suhteessa ihmissilmän herkkyyteen erilaisille vaaleus- tai kylläisyysmuutoksille. [7]

#### 3.1 Densitometri

---

Densitometriset mittalaitteet ovat kolorimetrisia mittalaitteita yksinkertaisempia. Ne mittaavat kohteesta heijastuvan valon määrää. Densiteetin laskemiseksi laite tarvitsee myös nk. paperin valkoisesta, eli arkin painovärittömästä kohdasta mitatun heijastusarvon. Näiden kahden arvon suhteen perusteella laite laskee ihmissilmän herkkyysominaisuuksia huomioiden värin densiteetin. Densiteetin perusteella voidaan näin arvioida värikerroksen paksuutta. [7]

C7000VP -painokoneessa on sisäänrakennettuna inline-densitometrejä, joiden avulla mitataan esimerkiksi fotojohderummulta painettavien kuva-aiheiden välissä kehitettyjä värikerroksiä. Näin pyritään vakioimaan laitteen värinantoa painotyön aikana. Lisäksi Auto Gradation Adjustment -automaattisessa kalibroituvaiheessa laitteen kiinnitysyksikön jälkeinen densitometri mittaa värisäädön pohjatiedoksi densiteetit paperilta, lopullisesta painatuksesta.

#### 3.2 Kolorimetri

---

Kolorimetri mittaa filttareiden kautta suodatettua valoa. Filtrit on valittu siten, että niiden avulla saataisiin mallinnettua mahdollisimman hyvin silmän kolmen erilaisen tappisolutyypin valonärsytysreaktioita. Useimmat kolorimetrit ilmoittavat väriarvot CIE XYZ tai CIE Lab -arvoina. Näin kolorimetrit mahdollistavat ICC-pohjaisen värinhallinnan mukaisten profiilien luonnin sekä painojäljen vertailun esimerkiksi simuloitavan painomenetelmän standardin mukaisiin väriarvoihin.

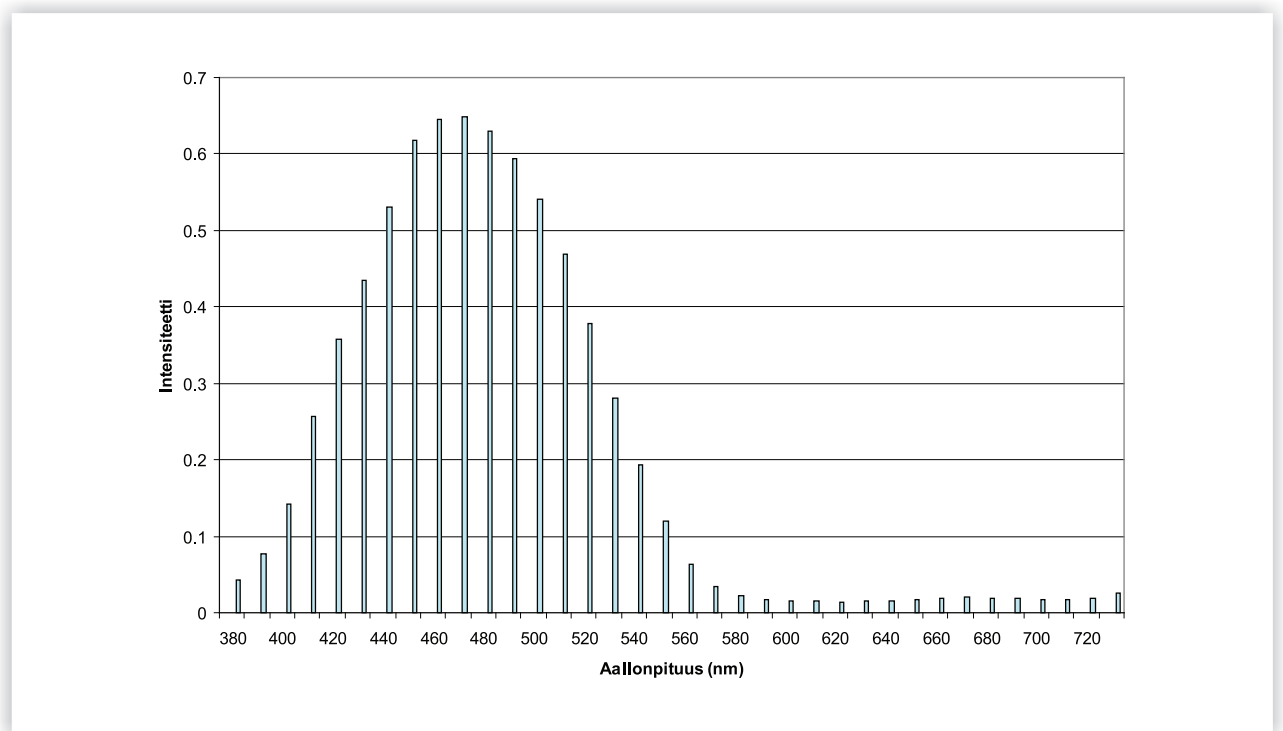
Kolorimetrien eräänä rajoituksena on se, että niiden kertomat väriarvot ovat sidottuja tiettyyn standardivalaistukseen, kuten D50 tai D65; tosin joissakin laitteissa on mahdollista saada väriarvot useammalle kuin yhdelle valaistusolosuhteelle laskettuna. Kolorimetri on kuitenkin useisiin värinhallintasovelluksiin riittävä mittalaite. [1]

### 3.3 Spektrofotometri

Kolorimetreja tarkempiin värimittauksiin päästään spektrofotometrillä. Spektrofotometrissä valo jaetaan spektriin, jolloin saadaan mitattua valon aallonpituusjakauma. Koska ihminen havaitsee valon erilaiset aallonpituudet eri väreinä, voidaan värimallien perusteella laskea aallonpituusjakaumasta värin numeerinen arvo, esimerkiksi CIE XYZ ja Lab-muodossa esitettynä. Spektraalisesta mittausdatasta saadaan myös laskettua mm. densiteetti- ja pisteenkasvuarvot. Spektrofotometri onkin hyvin yleiskäyttöinen painojäljen laatumittari.

C7000VP-painokoneen mukana tulee Eye-One Pro -spektrofotometri sekä mittausta helpottava Eye-One iO -mittauspöytä. Automatisoitu värimittaus lisää manuaaliseen mittaamiseen verrattuna nopeutta sekä luotettavuutta. Näin vähennetään esimerkiksi mittausvirheestä johtuvan ICC-profiloinnin epäonnistumisen todennäköisyyttä.

Eye-One Pro mittaa näkyvää valoa 380-730 nanometrillä aallonpituusalueelta. Laite jakaa aallonpituuden 10 nm kaistoihin, mikä nähdään kuvasta 15, jossa on kyseisellä mittalaitteella syaanista mittakentästä mitatun värin aallonpituusjakauma.



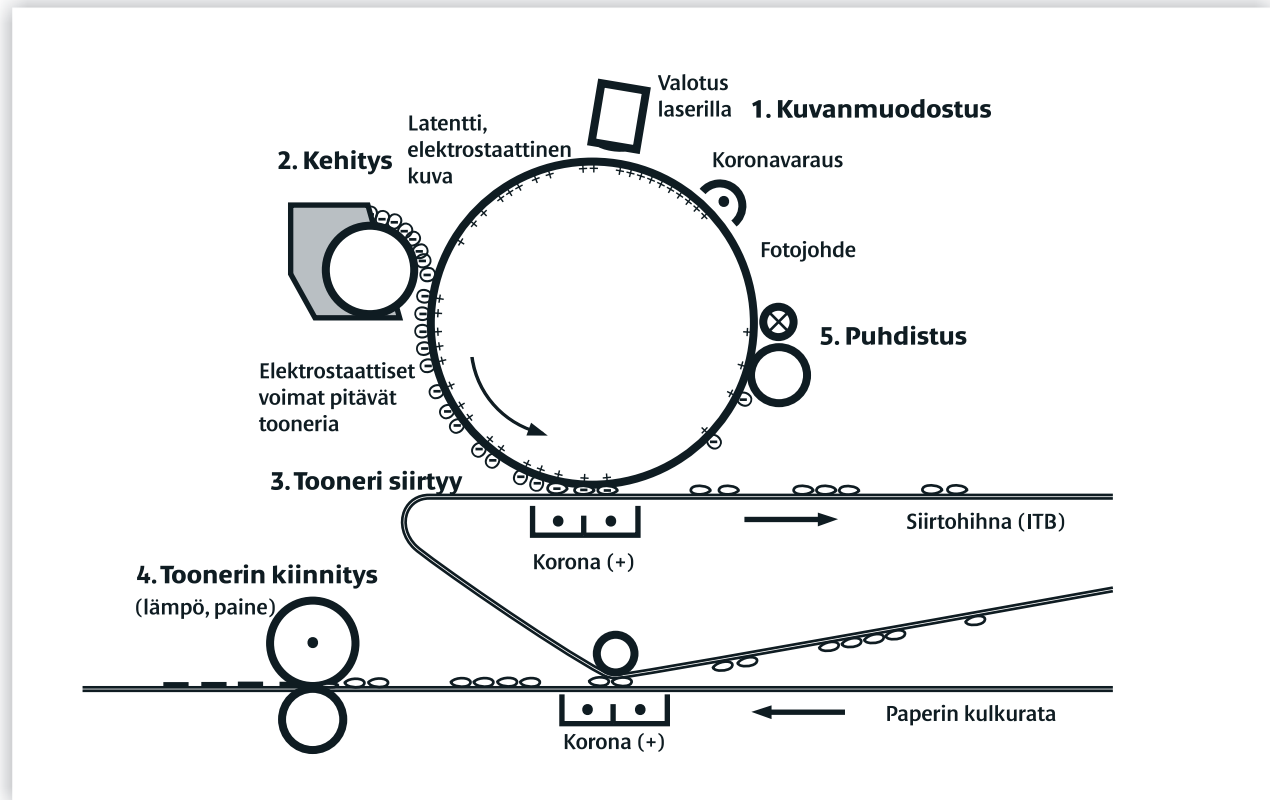
**Kuva 15** Eye-One Pro -spektrofotometrillä syaanista väristä mitattu aallonpituusjakauma. Laite laskee CIE XYZ -värimallia käyttäen kyseisen värin Lab-arvoiksi  $L^*=47.1$   $a^*=-30.1$   $b^*=-56.76$ .

Lab-arvojen laskentaan spektrofotometri tarvitsee värin mittatiedon lisäksi referenssiksi tiedon absoluuttivalkoisen väristä, joka mitataan laitteen kalibrointivaiheessa; Eye-One käy mittaamassa absoluuttivalkoisen robottipöydän ”lepoasennosta”. Käytettäessä Eye-One Pro:ta irrallaan, absoluuttivalkoinen mitataan laitteen aluskelkasta (cradle).



## 4 ELEKTROFOTOGRAFIA

## 4.1 Elektrofotografinen painojärjestelmä



**Kuva 16** Elektrofotografijärjestelmän toimintaperiaate. Kuvassa näkyy yksi neljästä väriyksiköstä.

Elektrofotografiapainamisen toiminta pohjautuu nimensä mukaisesti sähkövarauksien ja valon avulla "piirtämiseen". Kuvan 16 mukaisesti painoprosessi voidaan jakaa viiteen vaiheeseen. [7]

**1. Kuvanmuodostus (Imaging) -vaiheessa** rummun fotojohtava pinta varataan tasaisesti, minkä jälkeen se valotetaan ohjattavalla valonlähteellä, joka on C7000VP:ssä punaisen aallonpituusalueen laser. Valotuksen vaikutuksesta fotojohtavan pinnan tasainen varaus purkautuu osittain. Kuva-aihe on nyt rummulla latenttina, näkymättömänä elektrostaattisena kuvana.

**2. Kehityksessä** hienojakoiset tooneripartikkelit siirtyvät kosketuksettomasti fotojohtavalle rummulle, koska ne on varattu kehitysyksikössä rummun kuva-aiheeseen nähden vastakkaismerkkisesti. Näin rummun pinnalla oleva latentti kuva muuttuu näkyväksi.

**3. Toonerin siirtyä** C7000VP:ssä ensin ITB-siirtohihnalle (Image Transfer Belt). Kun kaikki osavärit ovat hihnalla, siirtyy kuva paperille. Siirtokohtiin luodaan koronan avulla elektrostaattinen voima, joka siirtää tooneripartikkelit hihnalle sekä hihnalta paperille.

**4. Toonerin kiinnitystä** tarvitaan ankuroimaan tooneripartikkelit paperille pysyvän kuvan muodostamiseksi. Kiinnitysyksikössä lämpö sulattaa tooneripartikkelit, jotka kiinnittyvät ensin toisiinsa. Pehmeä tai sula toneri leviää paperin pintaan ja tunkeutuu sen huokosiin puristuksen ja pinnan kapillarirakenteen imun vaikutuksesta. [3]

**5. Puhdistus** suoritetaan poistamaan myös kuvassa 16 näkyvät jäännösvaraukset sekä yksittäiset tooneripartikkelit, jotka ovat jääneet rummulle kuvansiirtovaiheen jälkeen. Mekaanisen sekä elektronisen puhdistuksen jälkeen rumpu on valmis uuteen kuvanmuodostusvaiheeseen.

## 4.2 Elektrofotografiapainamisen laatuhaasteet

---

Elektrofotografiapainamisen aikana tapahtuvat fyysiset ja kemialliset prosessit ovat paljon monimutkaisempia kuin perinteisissä painoprosesseissa. Verrattuna kiinteää painoaihiota käyttäviin painomenetelmiin, elektrofotografia-painamisen kuvan kierros kierrokselta uudelleen muodostava tekniikka aiheuttaa erityisiä haasteita ajon aikaisten vaihteluiden hallintaan. Vaihtelulle alttiita vaiheita ovat esimerkiksi varatun kuvan muodostus, kehitysvaihe sekä elektronisesti avustettu kuvan siirto paperille. [7] Elektrofotografiapainamisen tekninen kehitys on kuitenkin lisännyt ajon aikaista vakioisuutta merkittävästi.

### Kompaktien pintojen tasaisuus

Toonerin siirrossa hihnalle tai paperille käytetään jännitteitä, joiden avulla aikaansaadaan toisiaan puoleensa vetäviä, vastakkaisia varauksia. Sähköisen varauksen voimakkuus ja tasaisuus määräävät värinsiirron tehokkuuden. Mikäli sähköisissä voimissa on epätasaisuutta, aiheutuu siitä densiteettivaihteluita, jotka voivat näkyä painojäljen laikullisuutena.

Paperin hallittua varattavuutta vaikeuttavat sen paksuusvaihtelut, pinnan epätasaisuus sekä epätasainen kosteus, jonka pienetkin paikalliset vaihtelut voivat aiheuttaa näkyviä densiteettivaihteluita. Lisäksi täyteaineiden jakauma sekä paperin pinnassa, että sisäosissa vaikuttaa sähköisiin voimiin. Yleisesti siis paperin formaation epätasaisuus aiheuttaa epätasaisuutta painojälkeen.[2]

C7000VP:ssä voidaan paperikohtaisesti muuttaa siirtojännitettä, eli jännitettä, jota käytetään siirtämään toneri paperille. Sääto on mahdollista tehdä molemmille puolille arkkiä. Siirtojännitettä kannattaa muuttaa hyvin pienin portain ja seuraamalla muutoksen vaikutusta värin siirtymiseen.

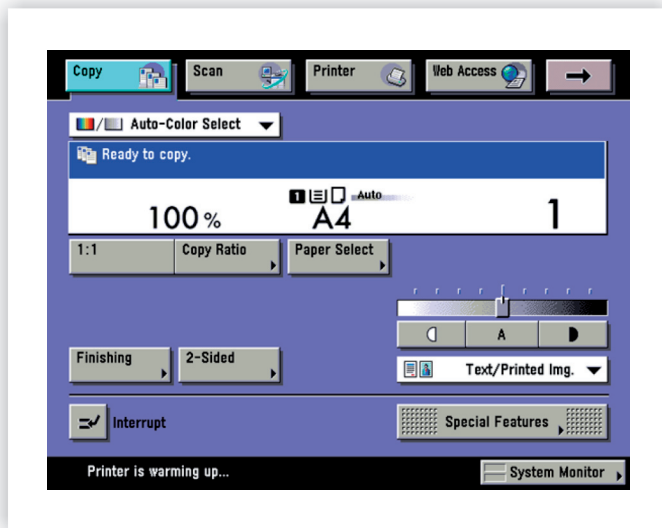
### Kiilto

Elektrofotografiapainamisen yleisenä ongelmana voidaan pitää värin kiiltoa, joka hallitsee paperin kiiltoon nähden. Kiilto aiheutuu kiinnitysyksikössä käytetystä silikoniöljystä, jonka avulla pyritään estämään toneripartikkeleiden osittaista tarttumista kiinnitysyksikköön. Myös tonerin erilaisesta peittoasteesta tai epätasaisesta kiinnityksestä johtuva kiillon vaihtelu voi olla häiritsevää. Uusissa toneriratkaisuissa käytetään toneripartikkeleihin lisättyjä, irroittumista parantavia aineita, jolloin kiinnityksessä käytettävän silikonin tarve ja sitä kautta kiilto vähenee. [2, 7]

C7000VP:n kiinnitysyksikössä ei käytetä lainkaan silikonia. Ratkaisu perustuu V-tonerin hienojakoisten partikkeleiden sisällä olevaan mikrovahaan, joka tihkuu tonerin läpi kiinnitysvaiheessa. Vahan avulla päästään silikoniratkaisuja alhaisempaan kiiltoon painojäljessä.

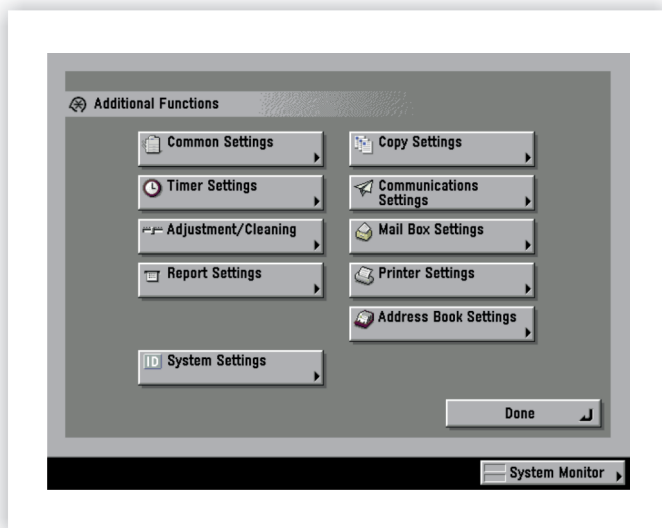
### 4.3 Digitaalipainokoneen laiteasetukset

Canon imagePRESS C7000VP:n ohjauspaneelin kautta voidaan muuttaa useita painolaatuun vaikuttavia asetuksia. Kuvan väriin vaikuttavat esimerkiksi Copy-välilehden perusnäkyästä tehtävä kontrastisäätö (kuva 17) sekä värien tasapainoa ja kylläisyyttä muuttavat asetukset (Copy - Special Features - Image Adjustment). Special Features -valikosta löytyy myös kuusi esiasetettua värikorjailuasetusta (One Touch Color) ja kuvan terävyyssäätö.



Kuva 17 C7000VP:n asetusten perusnäkyä.

ICC-värinhallinnan kannalta laitteen värikorjailuasetusten muuttaminen ei ole kuitenkaan suositeltavaa, sillä se voi vaatia paperikohtaisen profiilin uudelleenluonnin. Tämä johtuu siitä, että väriprofiili on tehty tietylle paperille, tietyillä laiteasetuksilla, jolloin niiden merkittävä muuttaminen mitätöi profiilin värejä hienosäätävän vaikutuksen. Mikäli laitteella kuitenkin painetaan töitä, jotka eivät ole värikriittisiä, voi laitteen värikorjailuasetuksilla muuttaa helposti painojälkeä. Esiasetettujen One Touch Color -vaihtoehtojen käyttäminen helpottaa asetusten palauttamista tilaan, jolle ICC-profiilit on luotu.



Kuva 18 C7000VP:n ohjauspaneelin lisäasetusten perusnäkyä.

Laitteen lisäasetuksista (Additional Functions, kuva 18) löytyvät mm. rasterointiasetukset sekä kalibrointi- ja puhdistustoimintoja laitteen toiminnassa tapahtuvien muutosten korjaamiseen. Kiinnitysyksikön lämpötilasäädön lisäksi kiinnitysyksikössä mahdollisesti syntyviin kiilto- vaihteluihin voidaan vaikuttaa kiinnitysyksikön virkistystoiminnolla ja sen automaattisen suoritusvälin säädöllä. C7000VP:n kalibrointia käsitellään tarkemmin painolaadun vakiointia -osiossa.

Paperiasetuksista (System Settings - Paper Type Management Settings) voi oletuspapereiden kopioita (Duplicate) tai paperitietokannasta haettuja ja itse nimettyjä paperityyppejä muokkaamalla muuttaa useita laitteen ominaisuuksia säätymään paperityypin mukaan. Paperikohtaisesti voi vaikuttaa mm. kiiltoasetukseen, jonka muuttaminen vaikuttaa kiinnitysyksikön lämpötilaan. Tämä voi aiheuttaa muutoksia paperin käyritymiseen, jota voidaan korjata erillisellä käyritymistaso-säädöllä. Myös siirtojännitettä (Secondary Transfer Voltage), joka vaikuttaa toonerin siirtymiseen paperille voi olla tarpeen muuttaa, erityisesti mikäli paperin pinta on epätasainen. Kaikkia paperikohtaisia arvoja kannattaa muuttaa hyvin pienin portain ja odottaa niiden vaikutusta kuvanlaatuun ennen mahdollista lisäsäätöä.

Painolaitteen värintoiston säilyttämiseen mahdollisimman vakiona siten, että painojälki toistuisi mahdollisimman tasaisena sekä yksittäisissä arkeissa sekä arkkien välillä voidaan vaikuttaa esimerkiksi laitteen säännöllisellä kalibroinnilla. Vakiolaatuista painojälkeä edesauttavat myös ympäristöolosuhteissa tapahtuvien muutosten minimointi sekä paperin tasalaatuisuus.

## 5.1 Digitaalipainokoneen kalibrointi

Kalibroinnin avulla laitteen toiminta pyritään pitämään mahdollisimman vakiona. Painotapahtuman fyysisissä ja kemiallisissa prosesseissa tapahtuu painamisen aikana väistämättä muutoksia, joiden suuruuteen vaikuttavat paljon myös painoympäristön olosuhteet. Kalibrointi korjaa näitä ajon aikaisia muutoksia siten, että laite palautuu takaisin tilaan, jossa sen toiminta tunnetaan. Säännöllinen kalibrointi onkin laitteen painolaadun ylläpidon kannalta oleellisen tärkeää. Se luo pohjan toimivalle värinhallinnalle. [1]

### Kalibroinnin suoritus

Canon imagePRESS C7000VP kalibroidaan aina käyttäen Canon High Grade (Neusidler) 100 g/m<sup>2</sup> -paperia, jolloin varmistutaan siitä, että laitteen tila saadaan jokaisen kalibrointikerran jälkeen mahdollisimman samankaltaiseksi. Mikäli laitetta ei ole käytetty vähään aikaan, kannattaa ennen kalibroinnin suorittamista painaa 20-30 lämmittelyarkkia.

Laitteen kalibrointi koostuu kolmesta osakalibrointivaiheesta: Shading Correction, Auto Gradation Adjustment sekä Calibration. Ne on suositeltavaa suorittaa mainitussa järjestyksessä. Lisäksi Shading Correction -osakalibrointi kannattaa toistaa ennen viimeistä Calibration -vaihetta.

Shading Correction -osakalibrointi korjaa rummun leveys suunnan värinantoa primääri värikentistä mitattavien densiteettiarvojen perusteella. Shading Correction -kalibrointivaiheen suoritukseen on kolme mahdollisuutta: Densitometer Correction, Visual Correction sekä Print Server Correction. Näistä suositeltavin vaihtoehto on Print Server Correction. Tällöin värinanto korjataan EyeOne:lla mitatun, tulostinpalvelimelle tallennetun densiteettitiedon perusteella.

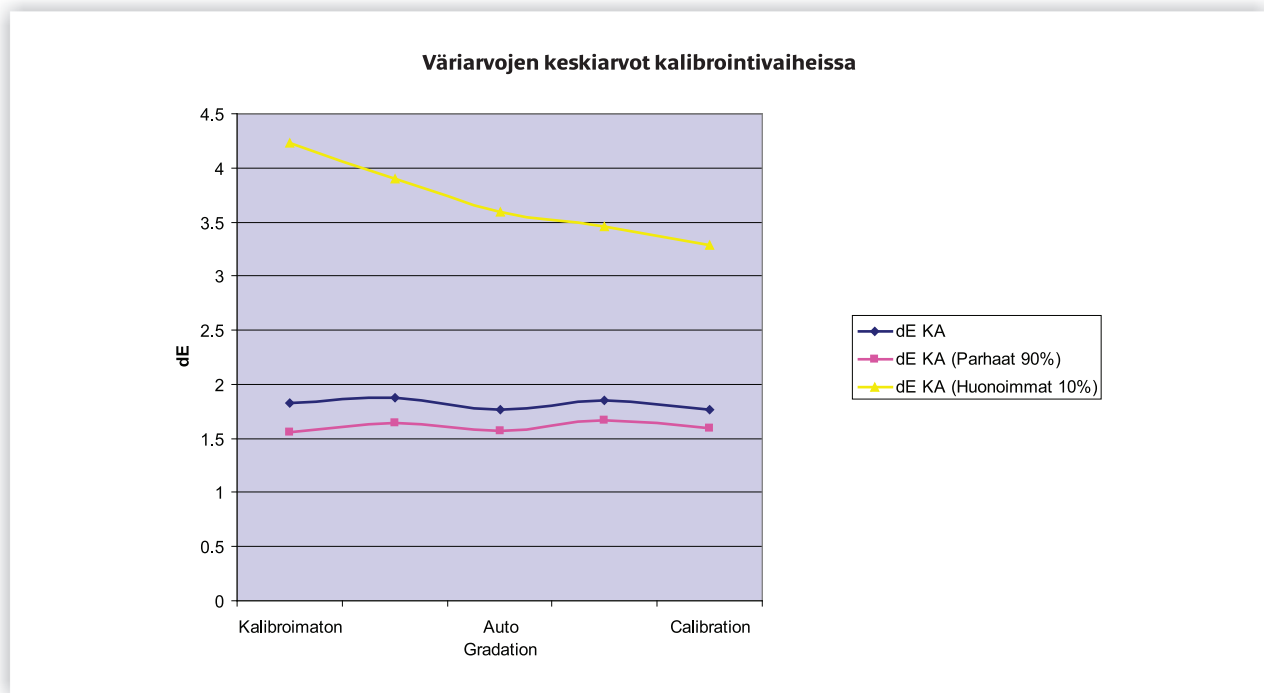
Auto Gradation Adjustment -vaiheessa ei tarvita painatuksen mittaamista, koska sävy porrastus säätty laitteen sisäisen inline-densitometrin mittausten perusteella. Quick- ja Full Adjustment -vaihtoehtoista Full Adjustment on suositeltavampi.

Calibration-osakalibrointi on käynnistettävissä ainoastaan tulostinpalvelimelta. Painettavan kalibrointiarkin tyypiksi kannattaa valita 34 lajittelemattomasta värikentästä koostuva mitta-arkki, jota painetaan 5-10 kpl, joista viimeinen valitaan mitattavaksi.

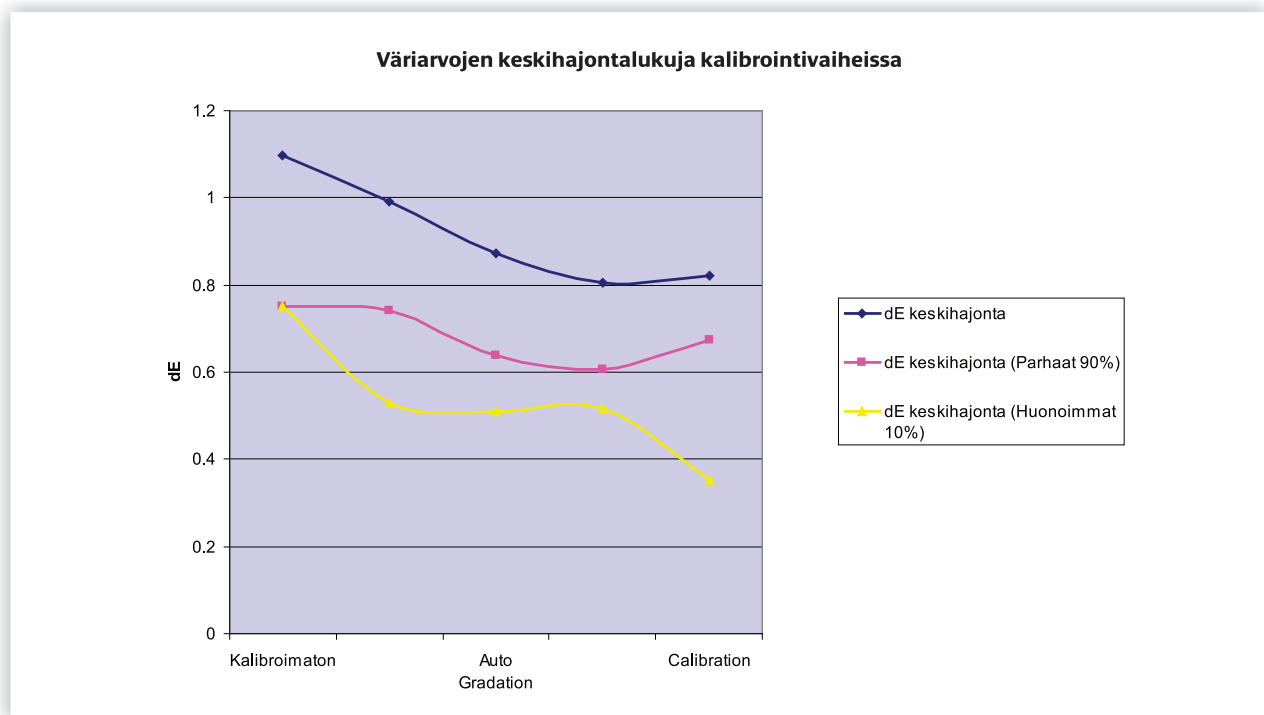
### Kalibroinnin vaikutus

Seuraavissa kuvissa (kuvat 19 ja 20) havainnollistetaan kalibroinnin aiheuttamaa korjaavaa muutosta väriarvoihin. Testi suoritettiin mittaamalla koneen värintoistoa ennen 1200 pinnan mittaista painotyötä sekä sen jälkeen kunkin osakalibroinnin välissä. Värintoisto mitattiin testiarkista, jossa oli 1485 värinäytettä. Yksittäisten mittausten poikkeavuuksien eliminoimiseksi joka vaiheen värintoistoa kuvaa kolmen testiarkin keskiarvotulos. Värierot laskettiin vertaamalla kalibroituun lähtötilanteeseen.

Värierojen keskiarvot kuvaavat yleisesti värierojen suuruusluokkaa. Keskihajontaluvut puolestaan kertovat, kuinka paljon kussakin tilanteessa värieroarvot keskenään vaihtelevat. Ideaalitapauksessa laitteen värintoisto palautuisi kaikkien kalibrointivaiheiden suorittamisen jälkeen tilaan, jossa se oli ennen painotyön aloittamista. Tällöin kuvaajissa näkyvät värierojen keskiarvot ja keskihajonnat pienenisivät saavuttaen nolla-arvot viimeisen kalibrointivaiheen jälkeen.



**Kuva 19** Kalibroituvaiheiden vaikutus värierojen keskiarvoon.



**Kuva 20** Kalibroituvaiheiden vaikutus värieroarvojen hajontaan.

Testin tuloksista voidaan nähdä, että kalibrointi korjaa etenkin suurimpia väripoikkeamia. Ajon aikana syntyneisiin, pienempiin väripoikkeamiin ei kalibroinnilla ole suurta vaikutusta. Kuvan 20 mukainen väripoikkeamien keskihajonnan pieneneminen tukee kuvan 19 mukaisia tuloksia: 10% suurimman värieroarvon vaihtelu pieneneminen vaikuttaa suurelta osin keskimääräisen hajonnan pienenemiseen.

Yleisesti siis kalibroinnin avulla saadaan korjattua eniten edellisen kalibroinnin jälkeisestä tilasta muuttuneet arvot, mikä onkin havaittavien värivirheidensä kannalta oleellista.

## 5.2 Painoalustan tasalaatuisuus

---

Paperin ominaisuuksista ovat painamisen kannalta tärkeitä tasalaatuisuus, adheesio-ominaisuudet, vahvuus sekä sileys. Tasainen paperin formaatio ja paksuus edesauttavat tasaisen sähkövarauksen syntymistä ja siten tasaista värinsiirtoa. Hybridipapereilta, jotka soveltuvat sekä offset-painamiseen että digitaalipainamiseen vaaditaan edullisia offsetpapereita parempaa yhtenäisyyttä, tiukempia fyysisten ominaisuuksien toleransseja sekä alhaisempaa kosteutta. Värin siirtymiseen paperille vaikuttavat myös paperin täyteainetiheys ja täyteaineiden jakautuminen. [2]

Paperi reagoi orgaanisena aineena herkästi ympäristössä tapahtuviin lämpötila- ja kosteusmuutoksiin. Tämän vuoksi kuljetuksen, varastoinnin ja painotilan olosuhteiden poikkeavuus kannattaakin pyrkiä minimoimaan. Yleisinä suositusarvoina pidetään 50 %:n suhteellista ilmankosteutta ja 19-23 °C:n lämpötilaa. Näissä arvoissa pysyminen voi kuitenkin Suomessa olla pelkästään vuodenaajoista johtuen vaikeaa. [3]

### Paperin kosteus

Painatuksessa käytettävä paperi ei voi olla täysin kuiva, sillä se tarvitsee tietyn määrän kosteutta säilyttääkseen sille annetun sähkövarauksen. Kosteusvaihtelut paperissa vaikuttavat näin toonerin siirtymiseen ja aiheuttavat siten väriaihteluita. [1] Mikäli toonerin siirto ei tapahdu tehokkaasti, tooneria voi jäädä seuraavan kuvan taustalle laikuiksi tai haamukuvioiksi. [2]

### Paperin pintaominaisuudet

Paperin pinnan tasaisuudesta käytetään termejä karheus ja sileys riippuen siitä, onko paperi päällystämätöntä vai päällystettyä. Pinnan tasaisuus vaikuttaa valon heijastusominaisuuksiin. Tasainen pinta heijastaa karheaa pintaa enemmän valoa, jolloin myös paperille painetut värit nähdään kirkkaina ja kylläisinä. [3]

Paperin pinnassa olevien pienten aukkojen ja huokosten koko, muoto, tiheys ja jakautuminen vaikuttavat värin tunkeutumiseen ja kiinnityksen tehokkuuteen. Muita kiinnitystapahtumaan vaikuttavia paperiominaisuuksia ovat paperin lämpöominaisuudet, kosteus, pintaenergia, karheus ja paksuus. [2]

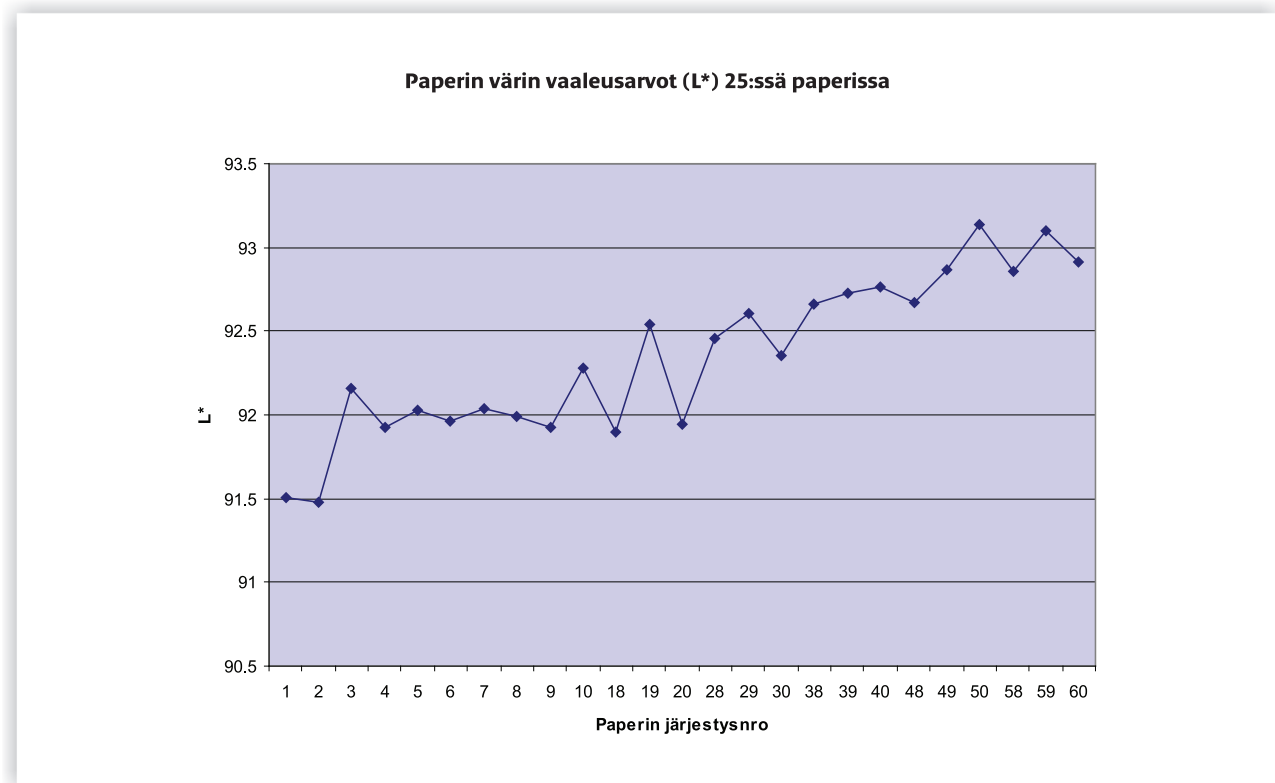
Paperin pintalujuuden täytyy olla riittävä, jotta kiinnitysvaiheessa ei tapahdu päällysteen uudelleenlaminoitumista tai päällystämättömillä papereilla kuitujen irtoamista. Päällystettyyn paperiin saattaa syntyä kupruilua, kun paperin sisäinen kosteus höyrystyy, eikä pääse poistumaan tiiviin pinnan läpi. Tämän johdosta päällystettyjen papereiden säilytysolosuhteista huolehtiminen on erityisen tärkeää, jotta paperin kosteus on alhainen ja mahdollisimman yhtenäinen. [2]

## Paperin väri

Paperin vaaleutta pidetään usein paperin tärkeimpänä laatuominaisuutena, jolloin vaaleusarvoltaan suuret paperit koetaan laadukkaiksi. Paperin vaaleuteen vaikutetaan valkaisukemikaalien lisäksi pinnoitteilla ja niihin mahdollisesti lisättävillä optisilla kirkasteilla. Optiset kirkasteet toimivat muuttamalla UV-säteilyn aallonpituutta siten, että siitä tulee näkyvää valoa, jolloin paperi näyttää UV-aallonpituuksia sisältävässä valaistuksessa valkoisemmalta (sinertävän valkoiselta). Optisten kirkasteiden käyttö on yleisempää päällystämättömissä papereissa, joissa niiden määrä on myös suurempi.[3] UV-säteily aiheuttaa kuitenkin paperin ikääntymistä, jolloin paperissa tapahtuu sekä väri- että rakennemuutoksia.

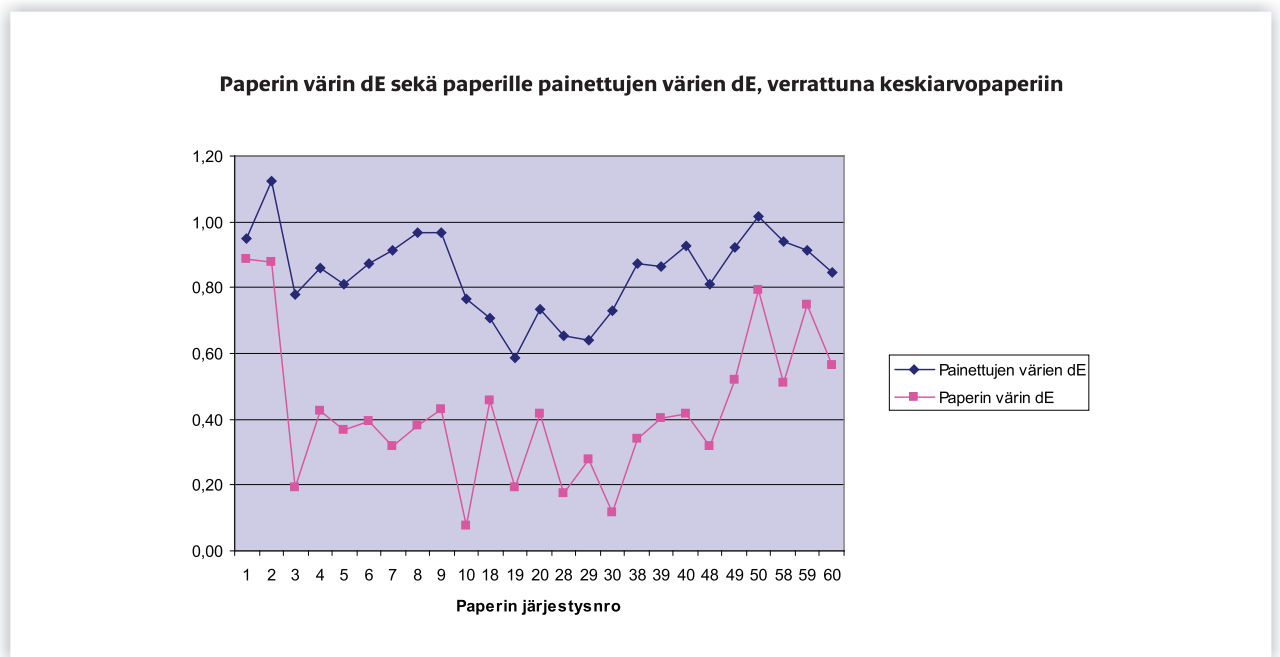
Vaaleutta mitataan spektrofotometrillä. Käytössä on erilaisia mittausmenetelmiä, jotka perustuvat DIN (Deutsche Industrie Normen), ISO (International Standardisation Organization), SCAN-P (Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee) ja TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) -standardeihin, minkä vuoksi tulokset eivät ole yleensä vertailukelpoisia. Nykyisin on yleisesti käytössä myös CIE:n Lab-arvojen mittaus. [3]

Kuvissa 21 ja 22 nähdään Canon High Grade 100 g/m<sup>2</sup> (Neusidler) -paperin vaaleusarvoissa olevia eroja sekä samojen papereiden värin ja papereille painettujen väriarvojen poikkeamia. Kuvan 22 väripoikkeamat on laskettu vertaamalla kunkin paperin arvoja testin kaikkien kyseisen värin mittausten keskiarvoon.



**Kuva 21** Papereista mitattuja vaaleus CIE:n L\* -arvoina. Paperin vaaleus kasvaa paperipinon vajoamisen myötä - useita päiviä paperialustalla olleen paperipinon päällimmäiset arkit olivat alempia tummempia.

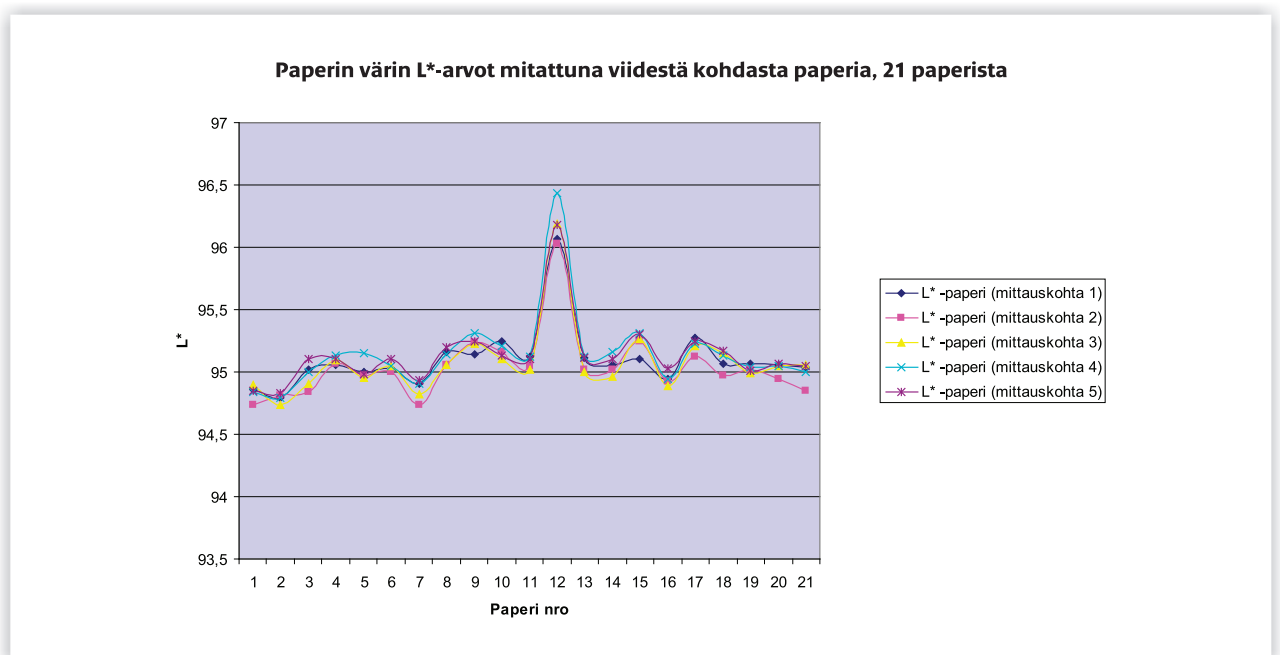




**Kuva 22** Paperin väripoikkeamia sekä samalle paperille painettujen väriarvojen väripoikkeamia. Kuvaajasta voidaan nähdä, että muutokset paperin värissä vaikuttavat painettujen värien arvoihin. Huomattavaa on kuitenkin, että värieroot ovat suhteellisen pieniä.

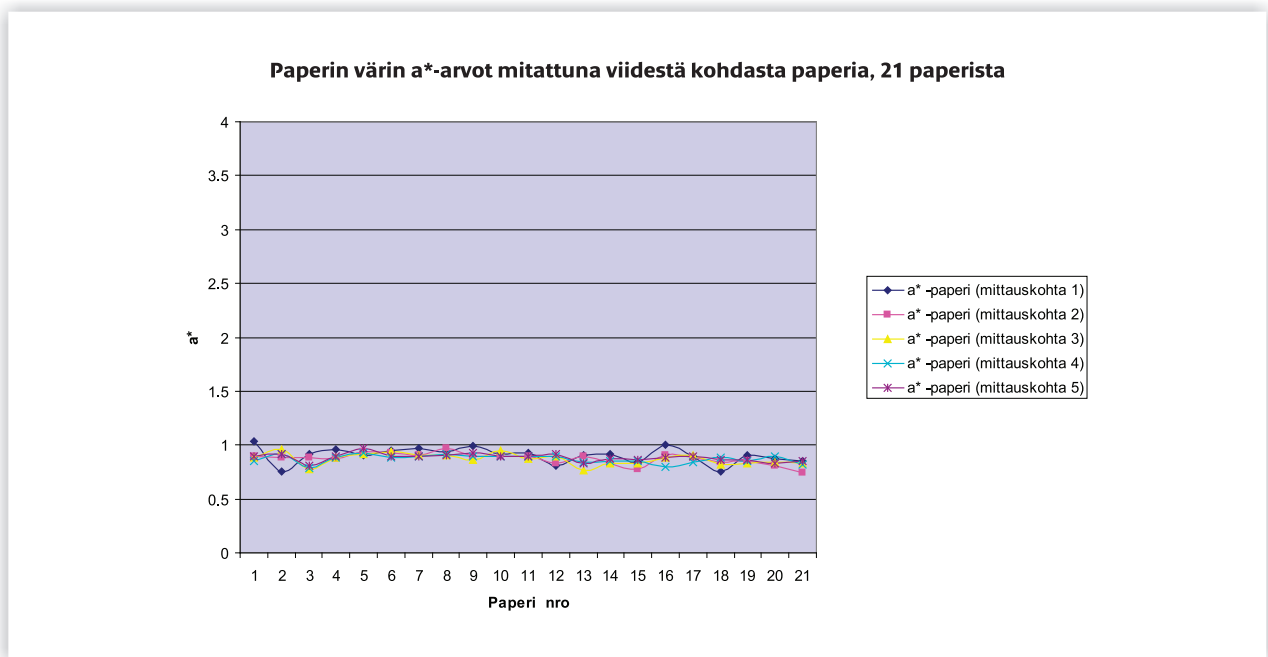
Kuvissa 23-25 on esitetty 1200 painopinnan testiajossa käytetyn SRA Magno Satin 170 g/m<sup>2</sup> -paperin L<sup>\*</sup>-, a<sup>\*</sup>- ja b<sup>\*</sup>-arvoja, jotka on mitattu jokaisesta paperista viidestä eri kohtaa. Kuvaajien y-akselin vaihteluväliksi on valittu lukuarvo neljä, jotta paperin väriarvoja voi vertailla samoille papereille painettujen testiarkkien värimuutoksiin.

Eri puolilta samaa arkkia mitatuissa paperin väriarvoissa ei ole juuri keskinäistä eroa. Papereiden kesken eroja on pääasiassa niiden L<sup>\*</sup>- ja b<sup>\*</sup>-arvoissa; a<sup>\*</sup>-arvojen erot ovat hyvin pieniä. Testissä käytetyistä papereista 12. oli selkeästi muita vaaleampi.

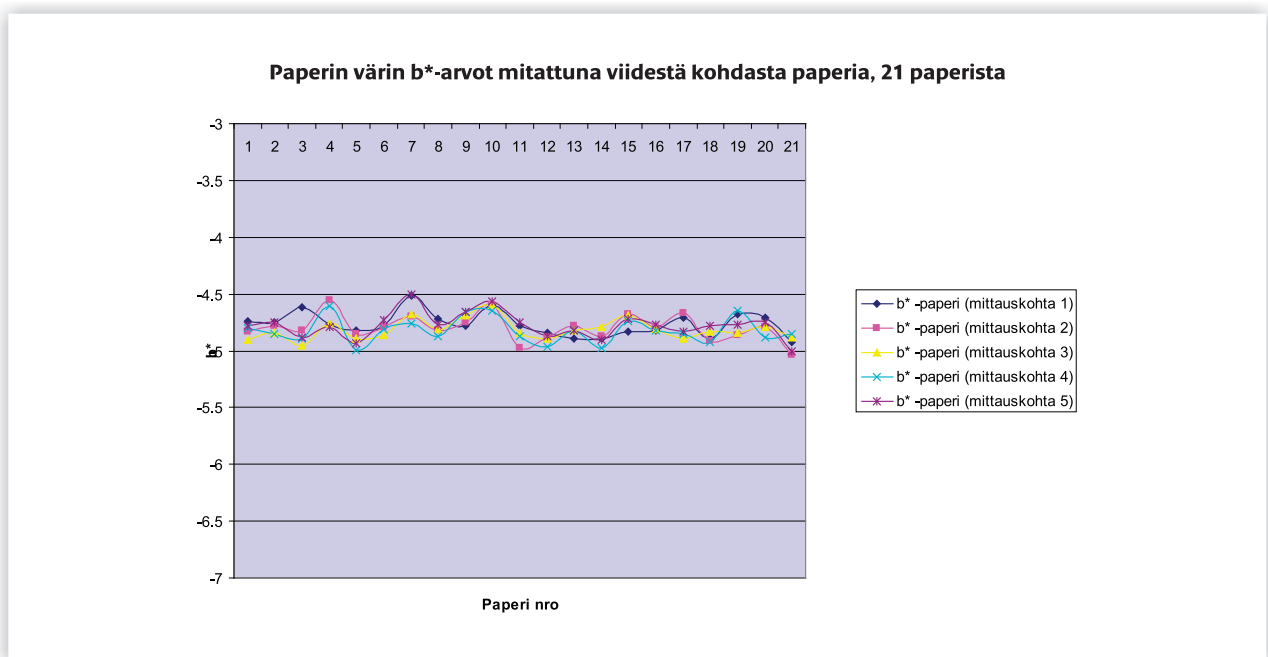


**Kuva 23** Papereiden värien L<sup>\*</sup>-arvoja. Väriarvot on mitattu 1200 painopinnan ajon testiarkeista.





**Kuva 24** Papereiden värin a\*-arvoja. Väriarvot on mitattu 1200 painopinnan ajon testiarkeista.



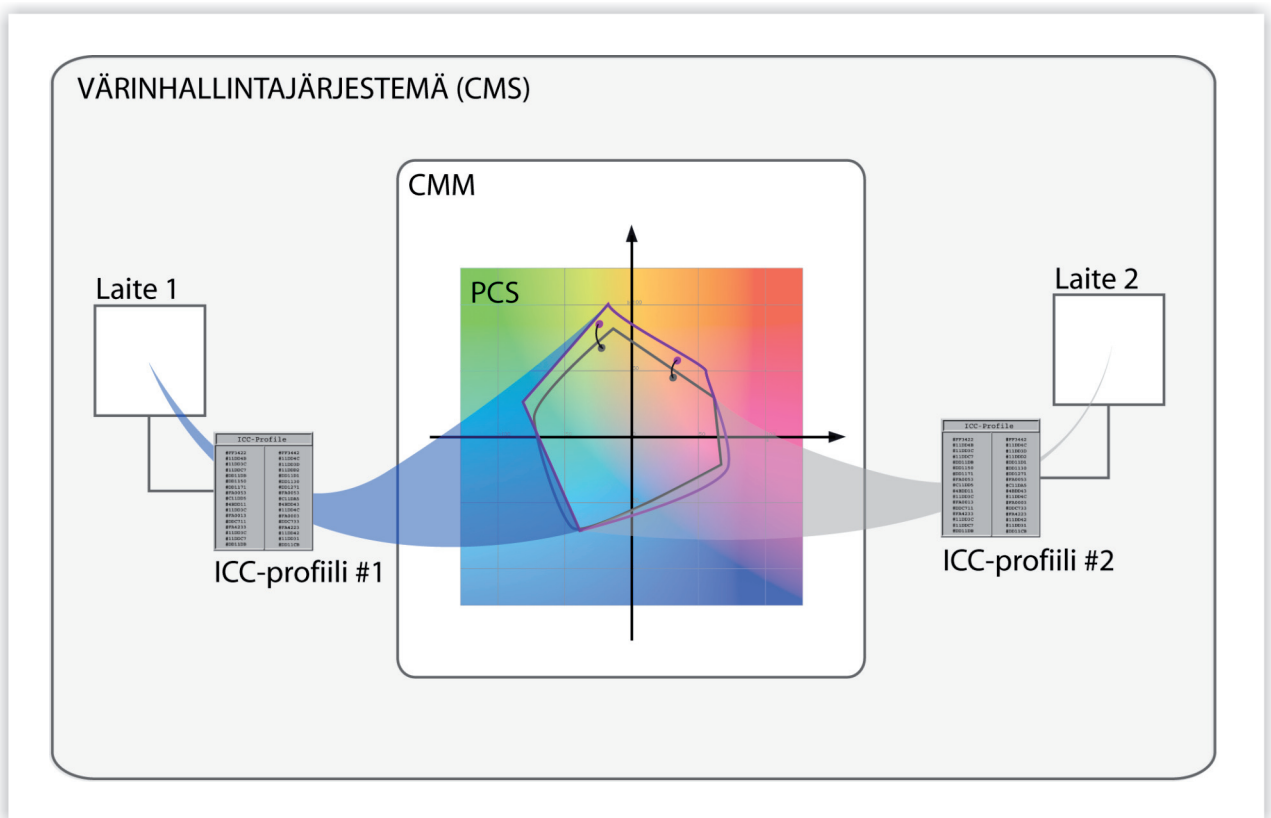
**Kuva 25** Papereiden värin b\*-arvoja. Väriarvot on mitattu 1200 painopinnan ajon testiarkeista.

## 6 ICC-POHJAINEN VÄRINHALLINTA

ICC (International Color Consortium) on suurten graafisen ja tietotekniikka-alan toimijoiden, kuten Adoben, Applen ja Microsoftin, vuonna 1993 muodostama yhteenliittymä. ICC-konsortio on luonut avoimen, laitelustasta riippumattoman värinhallintajärjestelmän, jonka avulla pyritään minimoimaan väreissä tapahtuvat muutokset eri laitteiden välillä.

Värinhallinta pohjautuu laitteiden värintoiston mittaamiseen. Mittaustiedon perusteella luodaan väriprofiili, joka sisältää tiedot laitteen tietyillä RGB- tai CMYK-arvoilla toistamien värien CIE Lab -arvoista. Kun kaikkien laitteiden värintoistokyky on kuvattu CIE Lab -väriavaruudessa, voidaan laitteiden väliset muutokset tehdä tarkasti. CIE Lab -avaruus toimii näin profiilien yhdysavaruutena (PCS, Profile Connection Space). [1]

Profiilien ja yhdysavaruuden lisäksi värinhallintajärjestelmä tarvitsee värinhallintamoduulin (CMM, Color Management Module). CMM suorittaa värimuunnoksissa tarvittavan laskennan. Laskentaa tarvitaan erityisesti silloin, kun väriarvoja sovitetaan laitteelle, jonka värintoistokyky on alkuperäistä pienempi. Tällöin CMM hyödyntää käyttäjän asettamia näköistystapoja (rendering intent) laskiessaan mahdollisimman vastaavia väriarvoja niille väreille, joita kyseinen laite ei voi suoraan toistaa (kuva 26). [1]



**Kuva 26** Värinhallintajärjestelmän toiminta kahden profiloidun laitteen värimuunnoksessa.

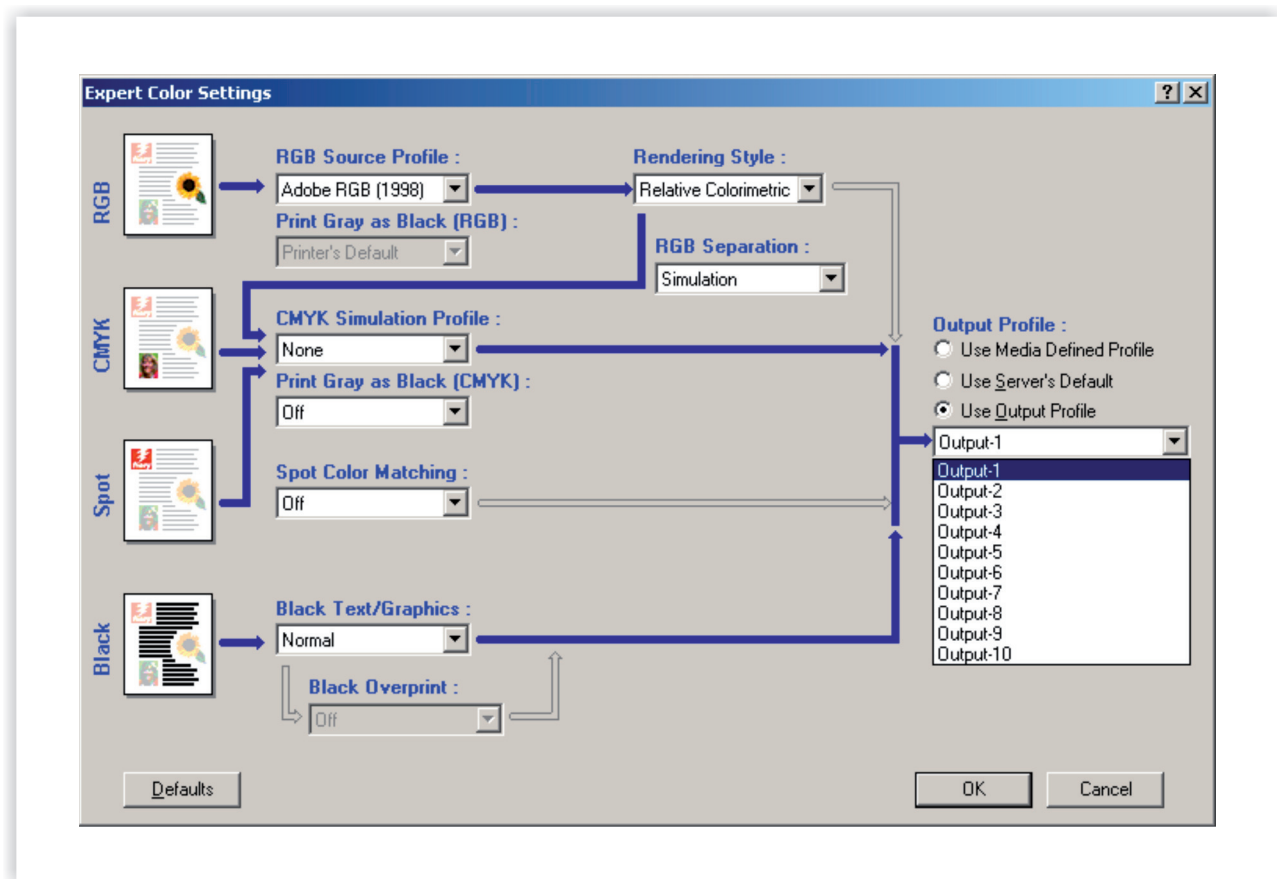
Koska painolaitteiden värintoisto riippuu käytettävästä paperityypistä, luodaan profiilit paperikohtaisesti. Seuraavassa kappaleessa käsitellään profiilien luontia C7000VP:lle.

## 6.1 Profiilien luonti

Ennen paperikohtaisen profiilin luontia tulee C7000VP kalibroida täydellisesti. Kalibroinnin jälkeen valitaan Eye-One Process Control -ohjelman mukana toimitetuista värikentistä (Targets) sopiva. Ainoastaan tiedostot, joiden nimen osana on "iO" soveltuvat Eye-One iO -mittauspöydällä mitattaviksi. Värikentät löytyvät sekä PDF että TIFF-muodossa jaettuna eri paperikokoihin; A3-kokoisen paperin värikentät on aseteltu kahdelle paperille, A4- sekä Letter-koot neljälle.

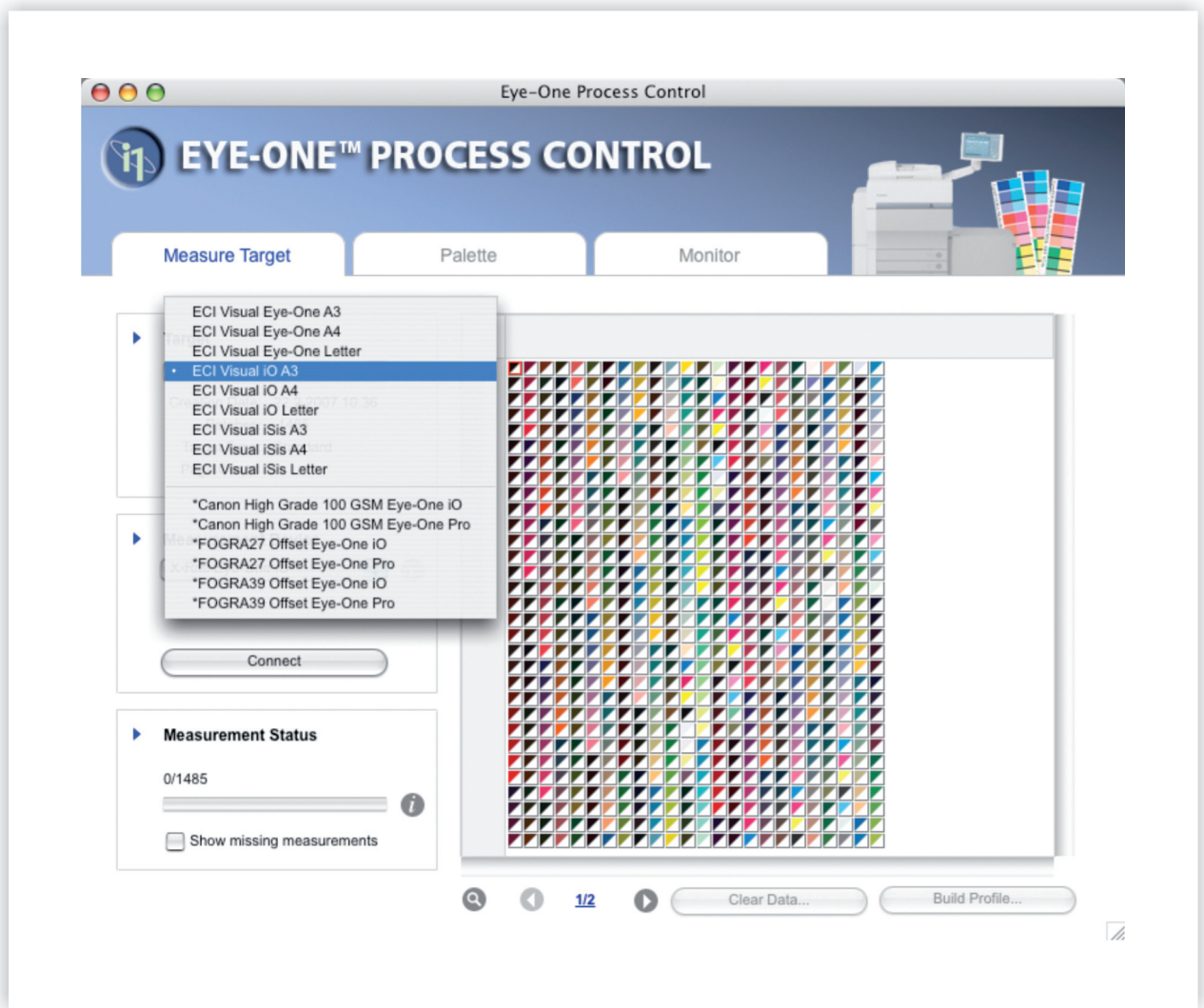
Värikenttiä painettaessa kuvan 27 mukaisissa väriasetuksissa (Expert Color Settings) oleellista on CMYK-työnkulku, koska testikentät ovat CMYK-muodossa. Painamisessa käytetään seuraavia asetuksia:

- CMYK Simulation Profile -kohtaan asetetaan None, jolloin testiarkin CMYK-arvoja ei muunneta profiilien avulla
- Output Profile -kohtaan valitaan paperi, joka vastaa mahdollisimman hyvin profiloitavan paperin tyyppiä.
- Media-välilehdellä kerrotaan sama paperityyppi
- Image-välilehden Toner Reduction ja Toner Saving -asetetaan pois päältä (Off).



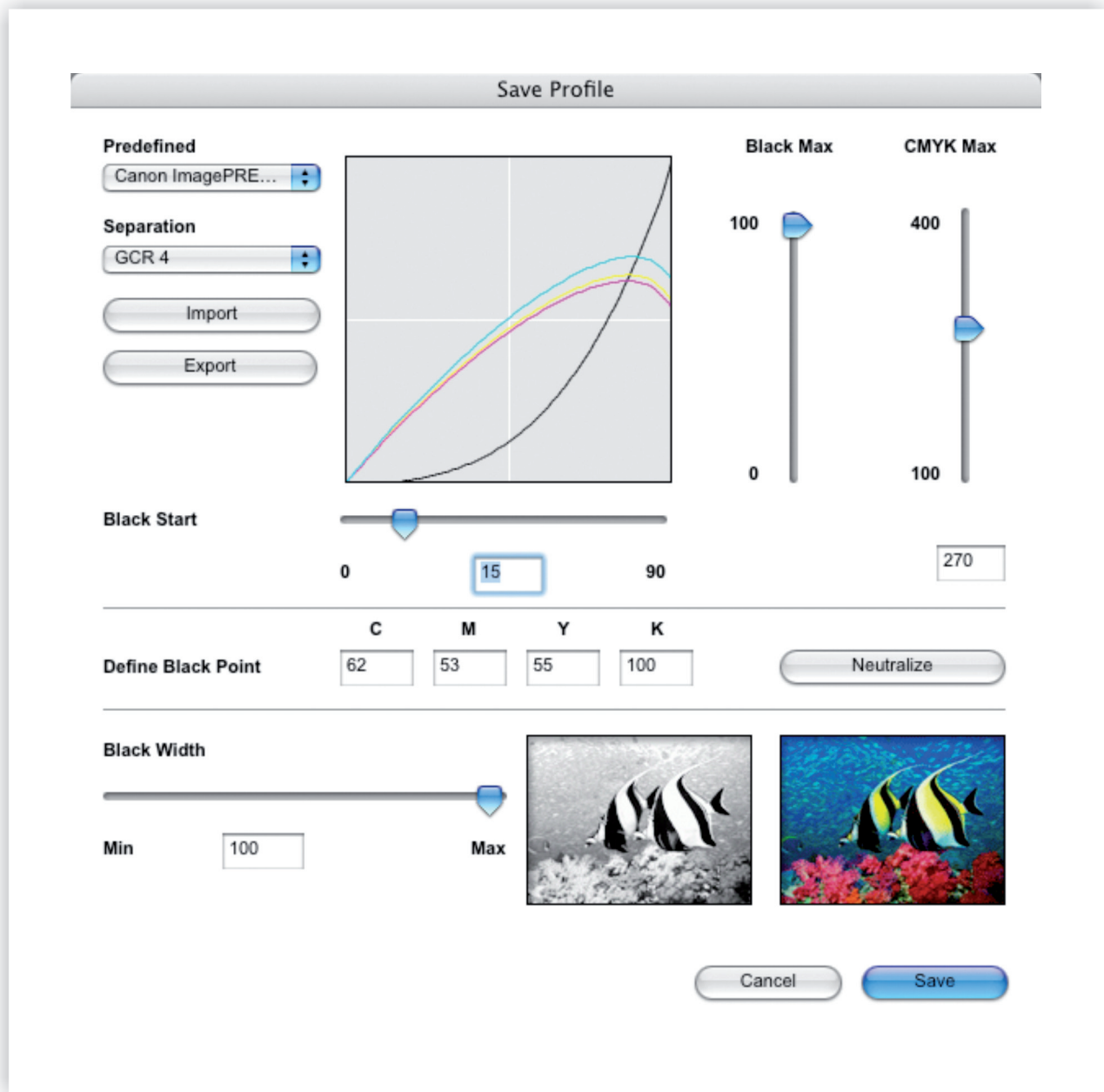
**Kuva 27** Paperiprofiilia luotaessa värikenttien painamisessa käytettävät väriasetukset.

Värikenttiä kannattaa painaa muutama, joista viimeinen valitaan mitattavaksi. Mittaus suoritetaan Eye-One Process Control -ohjelman avulla. Ohjelmassa valitaan painettua testikenttää vastaava iO-päätteinen kenttä (kuva 28) ja mittalaitteeksi X-Rite Eye-One iO.



**Kuva 28** Mitattavan värikentän valinta Eye-One Process Control -ohjelmassa.

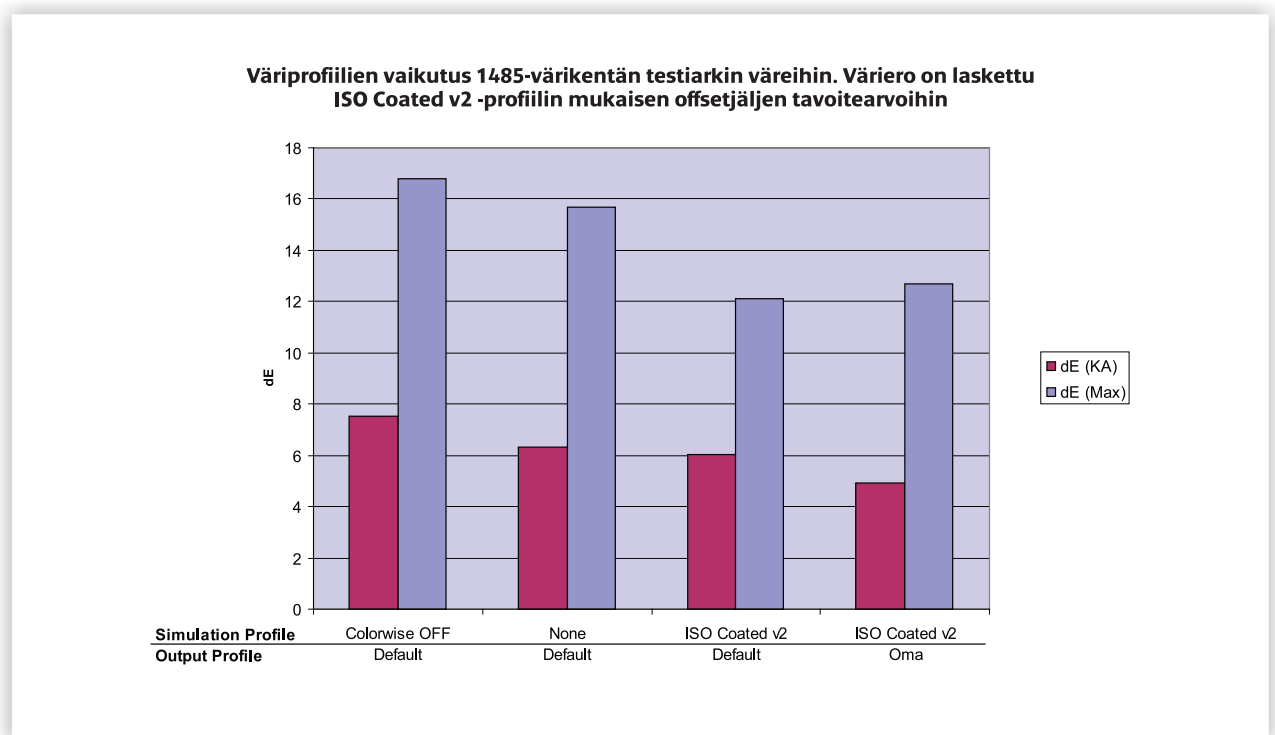
Arkin kulmakenttien paikan osoittamisen jälkeen laite mittaa värikentät. Tämän jälkeen avautuu kuvan 29 mukainen profiilin tallennusikkuna, jossa on mahdollisuus vaikuttaa profiilin luontiparametreihin, kuten kokonaisvärimäärään ja mustan osaväriin käyttööön harmaasävykomponentin korvauksessa. Ohjelmassa on C7000VP:lle kaksi esiasetettua parametrivaihtoehtoa, jotka ovat hyvä lähtökohta profiileille. Profiilin luonnin yhteydessä käytettyjä parametreja on kuitenkin mahdollisuus muuttaa Rebuild Profile -toiminnolla, ilman värikentän uudelleen mittausta. Kokonaisvärimäärää muutettaessa täytyy musta piste määritellä uudelleen Neutralize-painikkeella.



Kuva 29 Canon ImagePRESS C7000VP -1 -esiasetuksen mukaiset profiilin tallennusparametrit.

## 6.2 Profiilien vaikutus

Seuraavassa testissä tarkasteltiin väriprofiilien vaikutusta C7000VP:llä Canon High Grade 100 g/m<sup>2</sup> -paperille painettujen testiarkkien väreihin (kuva 30). Testin kaksi ensimmäistä arkkisarjaa painettiin vertailukohteiksi asetuksilla, joissa kohdeprofiili ei vaikuta värimuunnokseen. (Väriasetuksissa Simulation Profile-kohdassa ColorWise OFF sekä None). Kahdessa muussa sarjassa simulointiprofiilina oli ISO Coated v2 -profiili. Kohdeprofiileina olivat laitteen mukana toimitettu paperin yleisprofiili (Canon imagePRESS (C1 or C7000) Plain (N) v1F, kuvan taulukossa Default) sekä Process Controlilla käytetylle paperille luotu profiili (kuvan taulukossa Oma). Kuvassa 30 näkyy kullakin asetuksella painettujen sarjojen väripoikkeamien keskiarvot sekä yksittäiset maksimiarvot. Väriero laskettiin ISO Coated v2 -profiilin arvoihin eli väriero kuvaa poikkeavuutta offset-standardin mukaisista väriarvoista päällystetyille papereille.



**Kuva 30** Väriprofiilien vaikutusta kuvaavan testin värierotuloksien keskiarvot sekä maksimit eri asetuksilla.

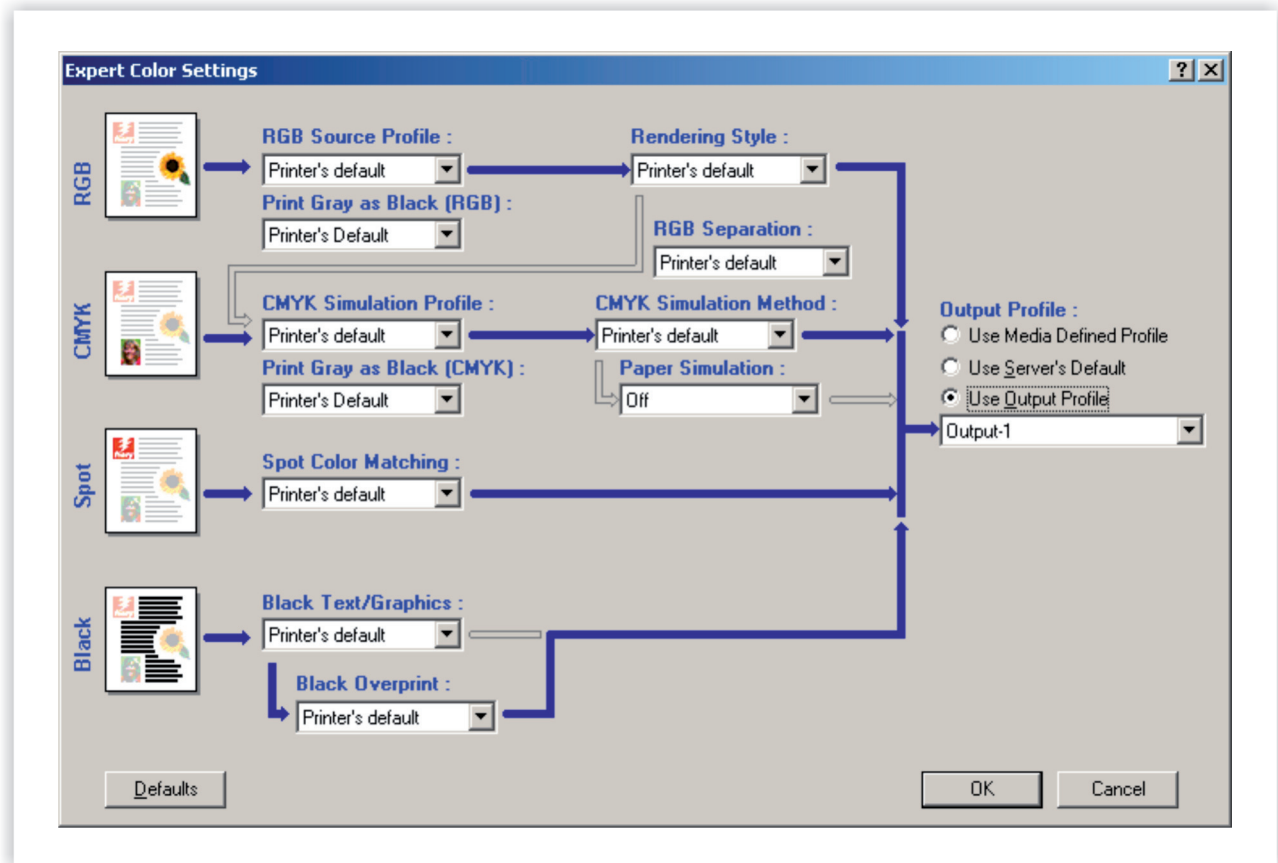
Testin perusteella voidaan nähdä, että väriprofiilien käyttö tekee väreihin korjaavia muutoksia. Värierojen keskiarvoissa pienimpiin päästiin Process Controlilla luotua profiilia käyttämällä. Yksittäisissä maksimiväriarvoissa laitteen mukana toimitetun valmisprofiilia käyttämällä päästiin hieman omaa profiilia pienempään maksimiarvoon.

Testin dE-värieroarvot jäivät myös paperiprofiilia käytettäessä suhteellisen suuriksi. Tämä johtunee siitä, että testissä käytetyn paperin väri poikkeaa standardin offsetpaperityypeistä värieroarvon dE=7,5 verran. Erillisen validointitestin mukaan asetusten Paper Simulation -valintaa käyttämällä ei päästy kuitenkaan pienempiin värieroarvoihin kyseisellä paperilla (kuva 40).

## 7 AJURIN ASETUKSET

## 7.1 Väriasetukset

Ajurin väriasetukset (Expert Color Settings) sisältävät omat värityönkulkuasetukset RGB-, CMYK- ja spottiväreille sekä tekstin ja grafiikan mustalle kanavalle kuvan 31 mukaisesti.



Kuva 31 Ajurin värityönkulkuasetukset (Expert Color Settings).

RGB-värityönkulun Source Profile -kohdassa määritellään RGB-elementtien väriprofiili. None-valintaa käyttämällä värit tulkitaan kuitenkin kuvaan upotetun profiilin mukaisesti, mikä on hyödyllistä silloin, kun aineiston kaikissa RGB-elementeissä ei ole sama RGB-profiili. Valittu näköistystapa (Rendering Style) vaikuttaa kohdeavaruudesta puuttuvien värien laskentatapaan. RGB-kuvien painamisessa voidaan myös käyttää CMYK -simulointiprofiilia, jolloin RGB-arvot sovitetaan simulointiprofiilin mukaisen painomenetelmän väreihin ennen muunnosta kohdeprofiilin määrittelemään värialaan.

CMYK-värityönkulussa Simulation Profile -kohta määrittelee aineiston lähdeprofiilin. None -valinnalla ohitetaan muunnos kohdeprofiilin (Output Profile) väriarvoihin; väriarvoja korjataan kuitenkin esimerkiksi kalibroitiedon mukaan. None-valintaa tarvitaan profiileja luotaessa. CMYK Simulation Method -asetuksen GCR-valinnan vaikutusta on tarkasteltu seuraavassa luvussa.



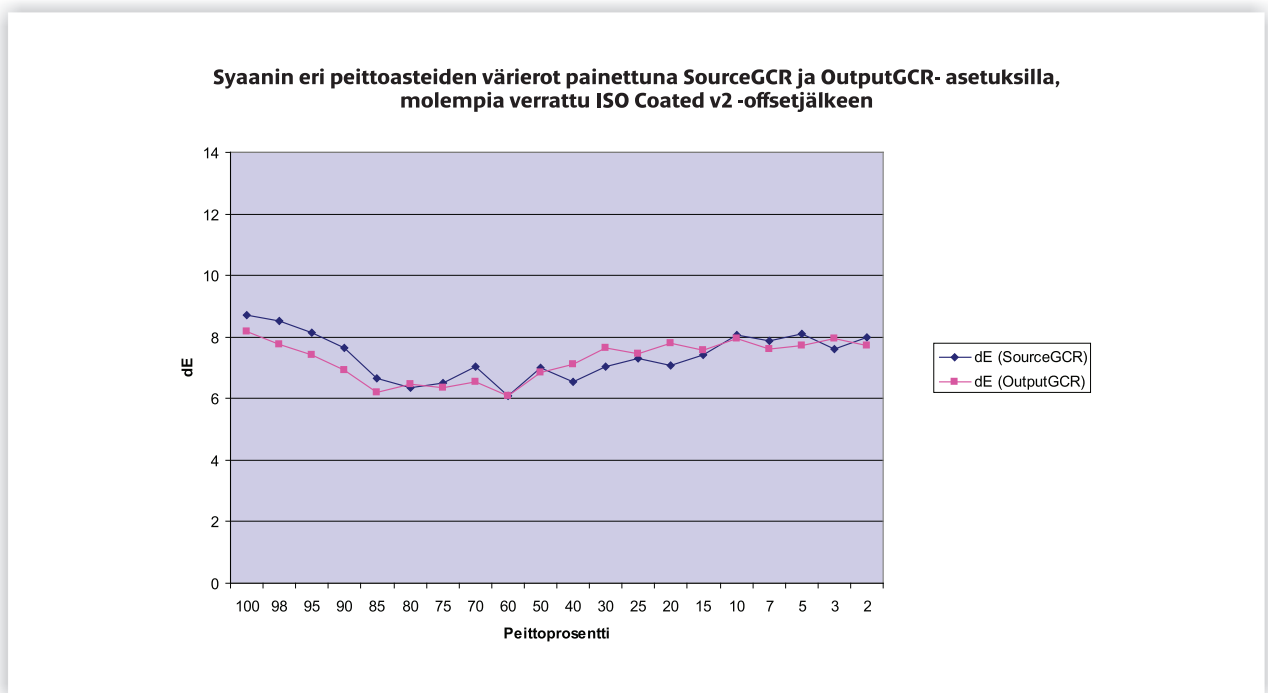
Tekstin ja muun vektorimuotoisen grafiikan mustan kanavan osalta voidaan määrittellä, käytetäänkö pelkkää mustaa osaväriä (K) vai rikasta mustaa (CMYK). Pelkkää mustaa käytettäessä voidaan päällepainatusasetus asettaa päälle tai pois.

Kohdeprofiililistassa (Output Profile) näkyvät C7000VP:lle luodut paperikohtaiset profiilit, jotka on otettu käyttöön ColorWise Pro Tools:in profiilinhallintasovelluksen avulla. Use Media Defined Profile -vaihtoehto voidaan valita, mikäli käytössä on Command Workstationin paperikatalogi, jossa väriprofiili on yhdistetty paperityyppiin.

### CMYK-simulointimetodi

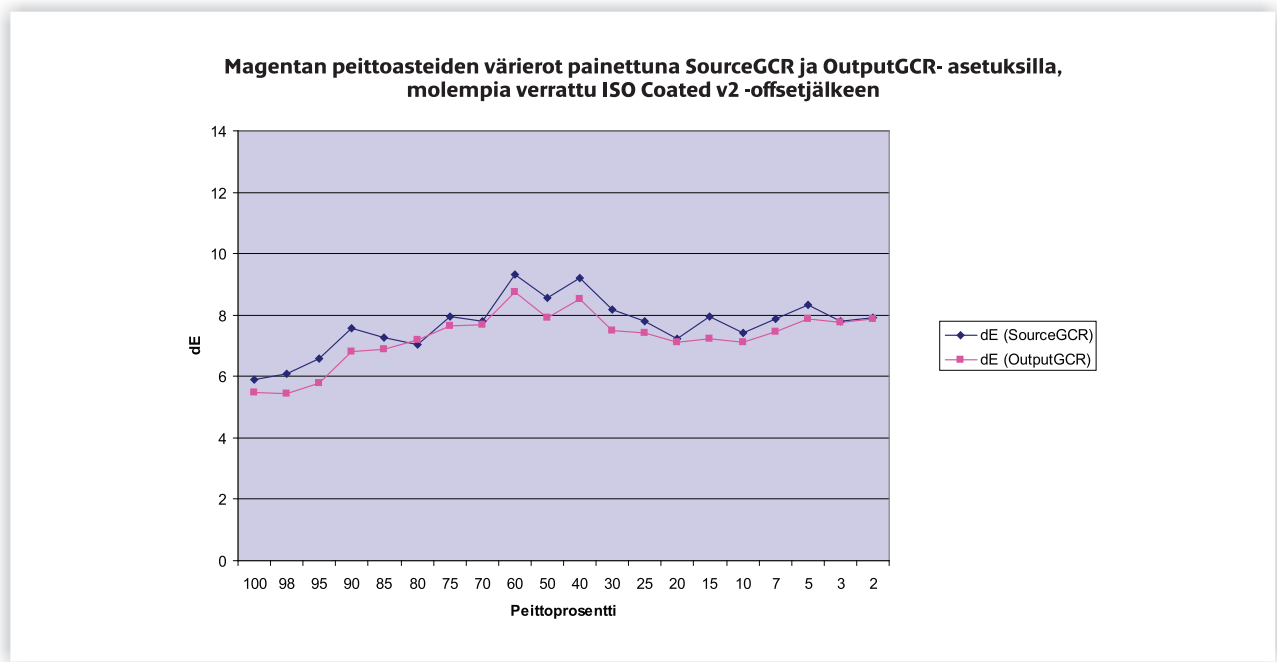
CMYK-väriyönkulussa on mahdollista valita CMYK Simulation Method -valikosta käyttöön joko lähde- tai kohdeprofiilin GCR-asetukset. Seuraavaassa testissä tarkasteltiin näiden vaikutusta väriarvoihin.

Testi suoritettiin painamalla sekä lähde- että kohde-GCR-asetuksilla viisi profiilitonta, 1485 värinäytteen CMYK-testikenttää. Simulointiprofiilina (CMYK Simulation Profile) käytettiin ISO Coated v2 -offsetprofiilia ja kohdeprofiilina (Output Profile) Canon High Grade -paperin profiilia. Molemmilla asetuksilla painetuista väriarkeista mitattiin kolme keskimmäistä, ja niiden keskiarvon perusteella laskettiin väriero simuloidun offsetmenetelmän standardinmukaisiin väriarvoihin (ISO 12647-2:2004, väriarvot paperityypeille 1 ja 2). Alla olevissa kuvaajissa (kuvat 32-35) näkyvät kunkin prosessivärin eri peittoasteiden värierot molemmilla GCR-asetuksilla.

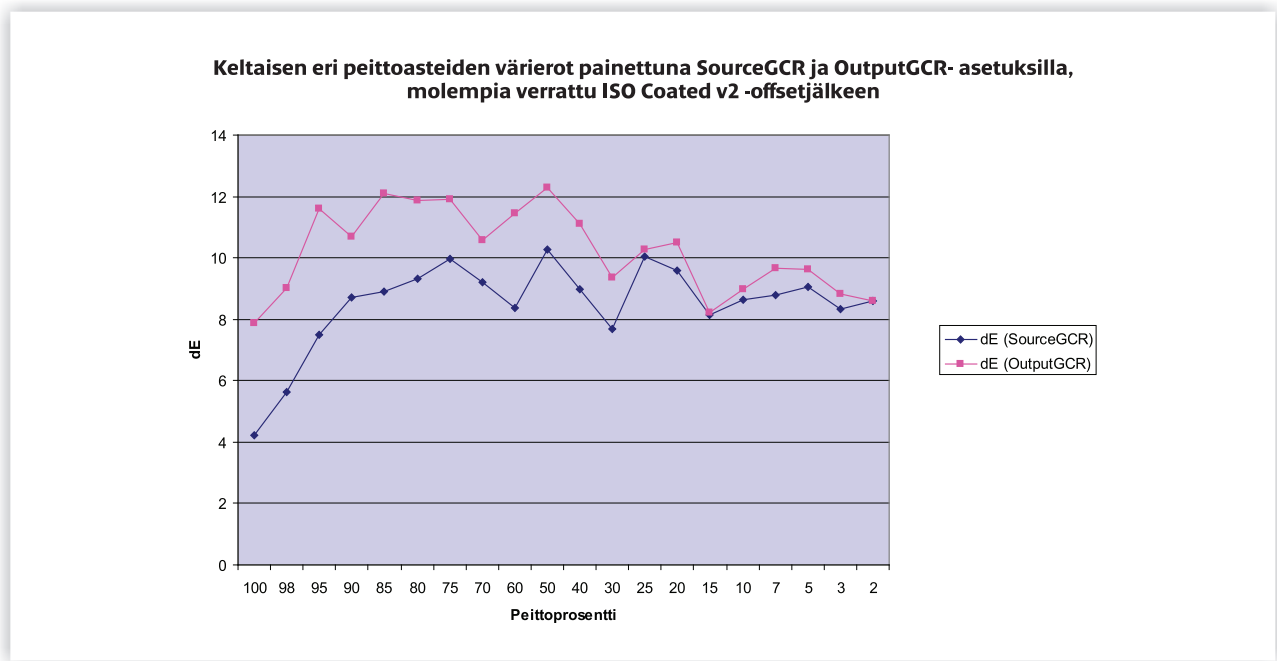


**Kuva 32** GCR-asetuksen vaikutus syaanin väriarvoihin sen eri peittoasteilla.

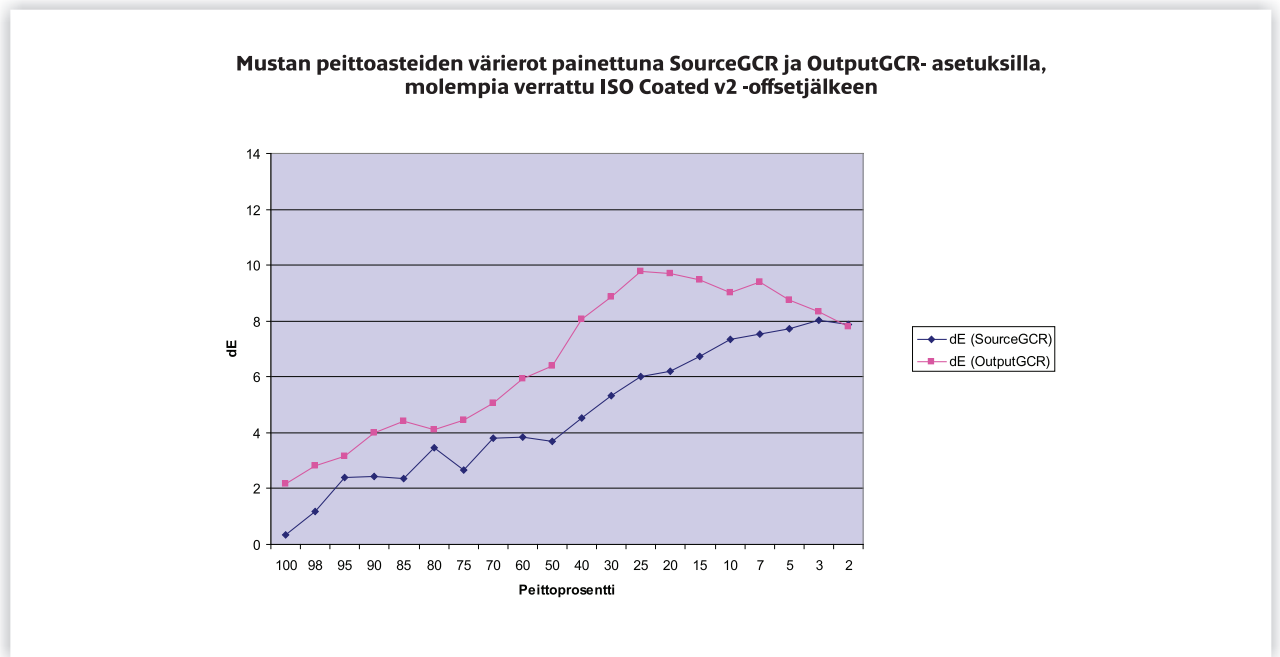




**Kuva 33** GCR-asetuksen vaikutus magentan väriarvoihin sen eri peittoasteilla.



**Kuva 34** GCR-asetuksen vaikutus keltaisen väriarvoihin sen eri peittoasteilla.



**Kuva 35** GCR-asetuksen vaikutus mustan väriarvoihin sen eri peittoasteilla.

Kuvaajien perusteella syaanin ja magentan osalta ei GCR-asetuksella ollut juuri vaikutusta. Keltaisella ja mustalla osavärillä SourceGCR-asetus tuotti kuitenkin pienemmät värierot referenssiarvoihin.

Käytännössä lähde- ja kohde-GCR-vaihtoehtojen soveltuvuus riippuu painotyöstä. Asetuksen muuttaminen voi korjata puhtaissa sävyissä havaittua ”likaantumista”.

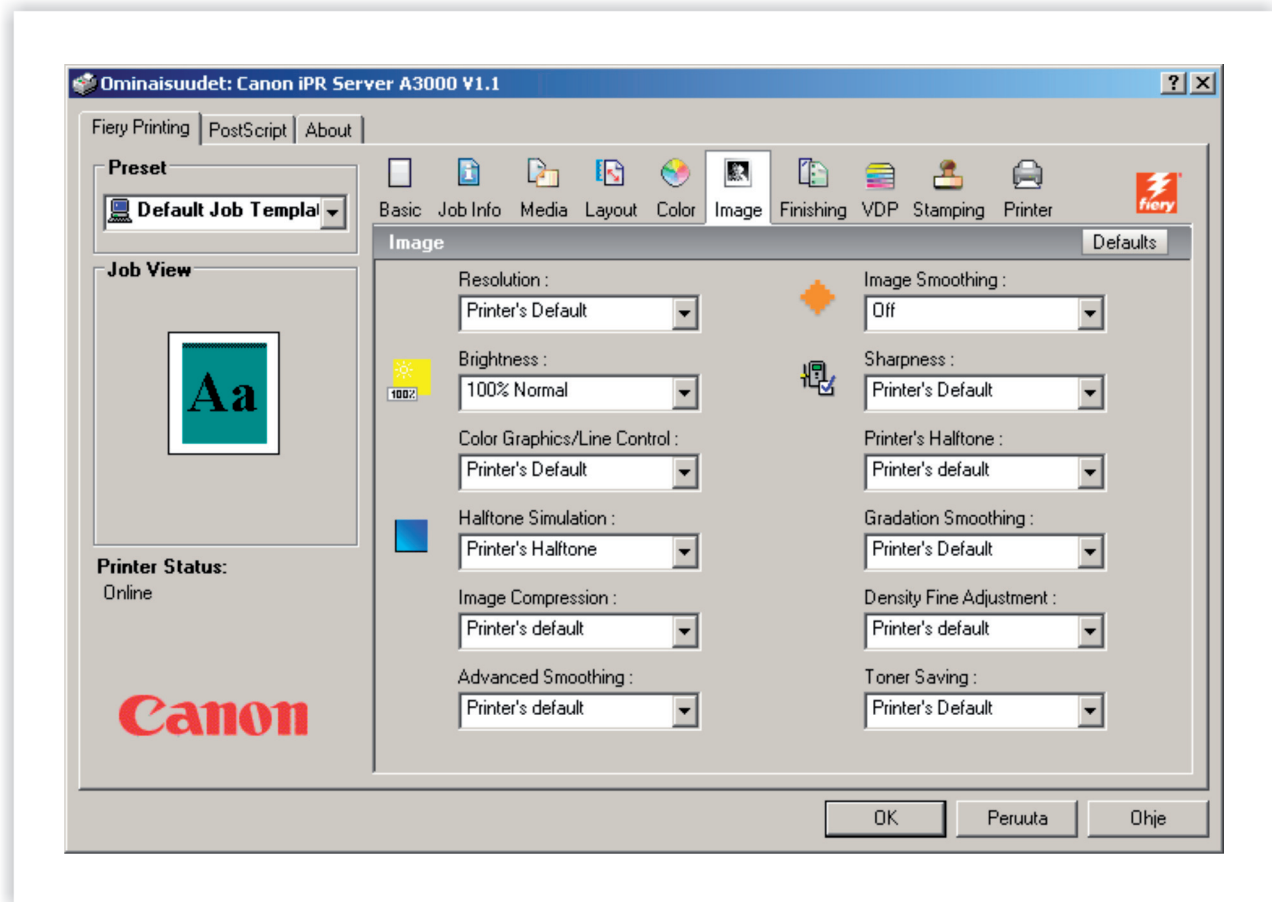
Kohdeprofiilin GCR-asetus soveltuu töihin, jotka on eroteltu vanhoilla ISO Coated tai Euroscale Coated -profiileilla, joissa mustan korvauksen aloituspiste on määritelty suuremmaksi kuin Process Controlilla luotujen paperikohtaisten profiilien oletusasetuksissa. Tällöin päästään parempaan harmaatasapainoon, eivätkä tummat sävyt mene tukkoon. Output-GCR-asetuksen käytössä on huomiotava kuitenkin, että asetusta käytettäessä värierottelu suoritetaan uudestaan, mikä voi aiheuttaa neutraalien harmaasävyjen värjäytymistä.

SourceGCR-asetusta käytettäessä mustalla erotellut värisävyt säilyvät mustina. Kuitenkin vanhoilla CMYK-profiileilla eroteltujen aineistojen harmaatasapaino voi olla vaikeasti hallittavissa.

## 7.2 Kuva-asetukset

Ajurin Image-välilehti sisältää osaltaan kuvan laatuun vaikuttavia asetuksia. Niitä käytettäessä on kuitenkin hyvä pitää mielessä, että käytettävän paperikohtaisen väriprofiilin korjaava vaikutus voidaan menettää asetuksia muuttamalla.

Ajurin laatu- ja kuvankorjailuasetuksia ovat esimerkiksi resoluutio, rasterointikuvio, rasteroinnin simulointi, kuvan ja väriliukujen pehmenys, kehittynyt pehmenys, densiteetin hienosäätö, kuvan kompressointi, väriaineen säästö ja grafiikan tai viivojen värien säätö. Rasterointiasetuksista on kerrottu yksityiskohtaisesti Rasterointi -kappaleessa.



**Kuva 36** Kuvakaappaus ajurin Image-välilehdestä.

Kuvan pehmenys (Image Smoothing) -asetus vähentää matalaresoluutiokuvien sahalaitaisuutta kasvattamalla kuvan tarkkuutta laskennallisesti. Interpolointi suoritetaan ainoastaan kuville, joiden linjatiheys on alle 150 lpi.

Densiteetin hienosäätöä (Density Fine Adjustment) voidaan käyttää estämään fonttien ja pienten pistekokojen himmentymistä, jolloin ohuiden linjojen erottuvuus paranee. Asetus vaikuttaa vain 1200 dpi:n painojälkeen.

Kehittynyt pehmenys (Advanced Smoothing) toimii puolestaan vain 600 dpi:n resoluutiolla. Se pehmentää tekstielementtien terävyyttä ja toimii kaikilla densiteetitasoilla, joskin näkyvimmin keskisävyillä.

Kuvan kompressointi -asetuksen vaihtoehdot vaikuttavat tekstin ja grafiikan sekä kuvien resoluutioon taulukon 4 mukaisesti.

Image Compression	Resoluutio	
	600	1200
Speed Priority	Teksti/Grafiikka = 600 Kuvat = 300	Teksti/Grafiikka = 1200 Kuvat = 300
Normal	Teksti/Grafiikka = 600 Kuvat = Auto	Teksti/Grafiikka = 1200 Kuvat = Auto
Image Priority	Teksti/Grafiikka = 600 Kuvat = 600	Teksti/Grafiikka = 1200 Kuvat = 600

**Taulukko 4** Kuvan kompressointi -asetuksen vaikutus eri elementtityyppien resoluutioon.

Toonerin säästö (Toner Saving) -asetus rajoittaa toonerin määrää, mikäli tietty peittoarvo (270 %) ylittyy. Koska toonerin säästö vaikuttaa vain tummimpiin sävyihin, sillä ei ole merkittävää vaikutusta yleiseen värien toistumiseen. Asetus onkin oletusarvoisesti päällä ja se kytketään yleensä pois vain erikoistapauksissa, kuten profiileja luotaessa.

Grafiikan ja viivojen värin säätö (Color Graphics/Line Control) vaikuttaa pelkästään grafiikkaobjektien värimääriin riippumatta Toonerin säästö -asetuksesta. Asetuksen avulla voi parantaa mm. pienikokoisten merkkien terävyyttä. Valittavissa on Coloring Priority ja Resolution Priority -vaihtoehdot, joista Resolution Priority:llä on suurempi vaikutus käytetyn toonerimäärän kontrollointiin.

## 8 PAINOLAADUN ARVIOINTI JA VERTAILU

### 8.1 Standardit ja suositukset

Digitaalipainaminen on offsetpainamiseen nähden tuore tekniikka. Painomenetelmät eroavat toisistaan suuresti mm. prosessin säädettävyyden osalta. Offsetpainaja voi tehdä paljon prosessiin vaikuttavia muutoksia ennen ajoa sekä ajon aikana säätämällä kostutusveden koostumusta, nippipuristuksia sekä väri-vesi-tasapainoa. Offset-prosessin painolaadun hallintaan ja vakiointiin onkin kehitetty standardi, joka määrittelee tavoitearvoja sekä sallittuja toleransseja esimerkiksi linjatiheydelle, kokonaisvärimäärälle, papereiden sekä prosessi- ja päällepainatusvärien Lab-arvoille ja pisteenkasvulle. Offset-standardin tämänhetkinen versio on ISO 12647-2:2004, jota on tarkennettu vuonna 2007 (ISO 12647-2:2004/Amd 1:2007). [8, 12]

Värilliseen digitaalipainamiseen ei ole offsetin tavoin laatustandardia. Artikkelissa ”Properties of Digital Presses and Their Prints” (Traber ja Gemeinhardt, 2005) totesivat useiden ISO 12647-2 -offset-standardin toleranssien sopivan myös digitaalipainamiseen. [12]

Digitaalisille painomenetelmille on kuitenkin julkaistu vedos-standardi ISO-12647-7:2007, joka koskee suoraan digitaalisen datan perusteella toimivia vedostusprosesseja. Standardi määrittelee yksittäisen vedoksen laatuominaisuuksia suhteessa varsinaiseen tuotantopainotuotteeseen. Näin standardia ei ole erityisesti tarkoitettu digitaaliseen tuotantoon, vaikka painettaessa simuloitaisiin toista painomenetelmää. ISO-12647-7 asettaa vedokselle mm. seuraavia vaatimuksia:

- Linjatiheyden, rasterikulmien sekä pisteen muodon tulee vastata simuloitavassa painomenetelmässä käytettäviä.
- Vedoksessa käytettävä painoalusta tulee mieluiten olla sama kuin painotuotannossa, tai vastata sitä väriarvoiltaan ja kiilloiltaan tietyissä toleranssirajoissa. Esimerkiksi painoalustan värissä sallittu poikkeama on  $dE \leq 3$ .
- Primäärivärien sallittu poikkeama simuloitavista tavoitearvoista on  $dE \leq 5$ . Määriteltyjen värikenttien poikkeamille tavoitearvoista on määritelty maksimi- ja keskiarvorajat, esimerkiksi  $dE(\max) \leq 6$  ja  $dE(\text{keskiarvo}) \leq 3$  (tai 4 riippuen värikenttäjoukosta).
- Primäärivärien peittoala (pisteenkasvu) saa poiketa enintään 5 % tavoitearvosta.
- Värirekisterin poikkeama minkä tahansa kahden värin välillä tulee olla alle 0,05 mm. [9]

VTT:n laatimissa teknisissä laatusuosituksissa on määritelty myös elektrofotografiapainamiselle joitakin tavoitearvoja, kuten maksimivärimäärä (250 %), tavoitedensiteetit, kohdistusvirherajat, sekä primääri- ja päällepainatusvärien Lab-arvot. Näitä arvoja voidaan kuitenkin pitää vain ohjeellisina. [9]

Tuotantokäytön elektrofotografiapainamiselle ei siis ole olemassa selkeää standardia. Offset- ja etenkin digitaalipainokoneiden vedos-standardi antavat kuitenkin suuntaa sallituista toleransseista. C7000VP:n mukana tulevassa Process Control -ohjelmassa Media Wedge -testikiilan validoinnin toleranssiarvot ovat standardien suuruusluokkaa.

## 8.2 Validointi Process Control -ohjelmalla

Eye-One Process Control -ohjelman avulla painojälkeä voi kontrolloida Media Wedge -kiilan mittauksen avulla. Kiila sisältää 46 värikenttää, joten mittaus on nopea suorittaa. Media Wedgestä on kaksi versiota: Eye-One iO-versio mittauspöydällä mitattavaksi sekä Eye-One Pro -versio manuaaliseen mittaukseen. Mittakiilan painamisessa käytettävät väriasetukset riippuvat siitä, mihin painojälkeä halutaan verrata.

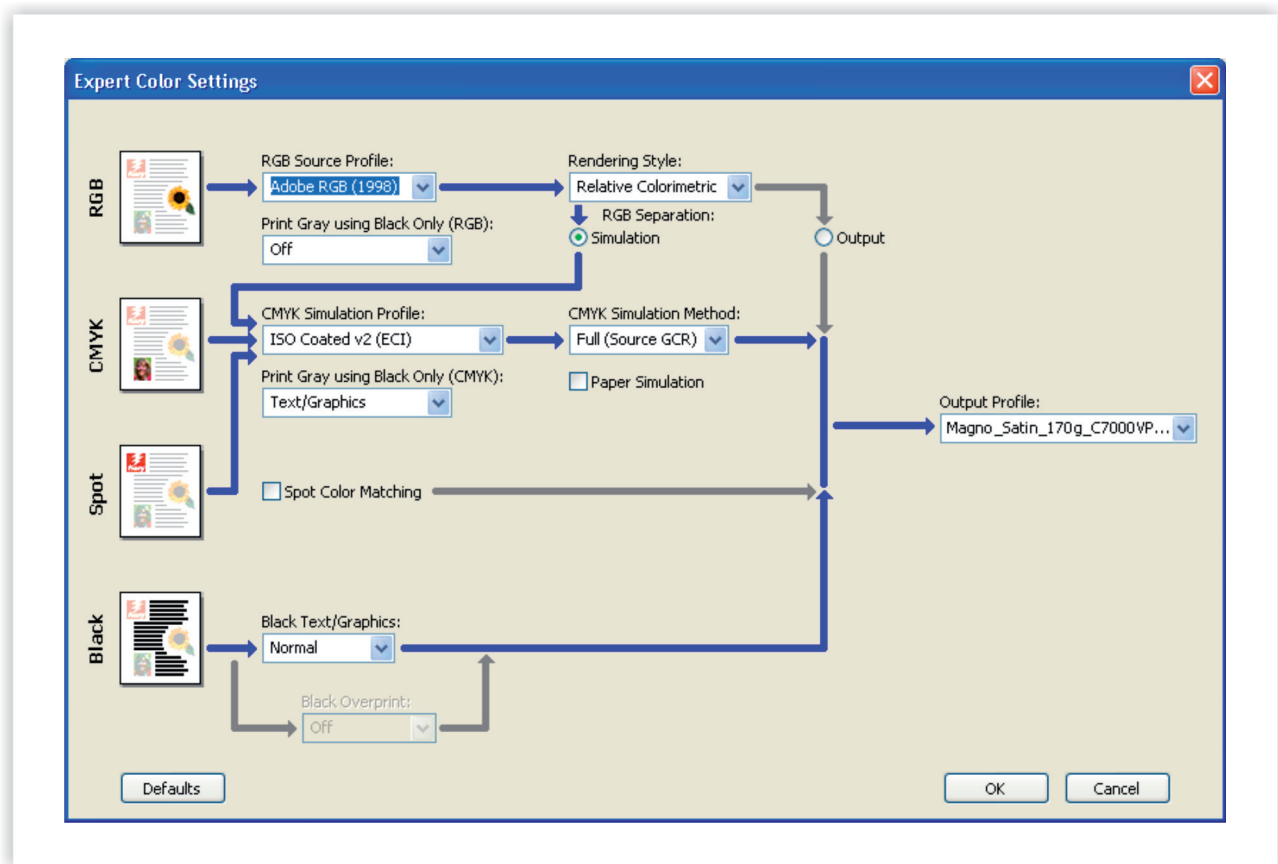
Validointimahdollisuuksia on kolme:

- Canon Validation (Canon High Grade 100 GSM) - Laitteen toiminnan arviointiin esimerkiksi ennen profilointia. Tällöin kiila painetaan kyseiselle peruspaperille.
- Fogra Validation (Fogra 27 Offset) - Painojälkeä verrataan vanhemman offset-standardin (ISO/DIS 12647-2:2003+) arvoihin.
- Fogra Validation (Fogra 39 Offset) - Suositeltava validointitesti, jossa painojälkeä verrataan uudemman offset-standardin (ISO 12647-2:2004/Amd 1) arvoihin.

CMYK-muotoisen mittakiilan väriasetukset asetetaan taulukon 5 mukaisesti validointitavasta riippuen. Kuvassa 37 on Magno Satin -paperille painettavan kiilan väriasetukset Fogra 39 -validointitestiä varten.

	Canon Validation	Fogra 27 Validation	Fogra 39 Validation
Simulation Profile	ISO Coated	ISO Coated	ISO Coated v2
Print gray as Black	Text/Graphics	Text/Graphics	Text/Graphics
Simulation Method	Full (Source GCR) / Full (Output GCR)	Full (Source GCR)	Full (Source GCR)
Output Profile	Canon imagePRESS (C1 or C7000) Plain (N) v1F	Paperille luotu profiili	Paperille luotu profiili

**Taulukko 5** Väriasetukset painettavalle Media Wedge mittakiilalle eri validointivaihtoehdoissa.



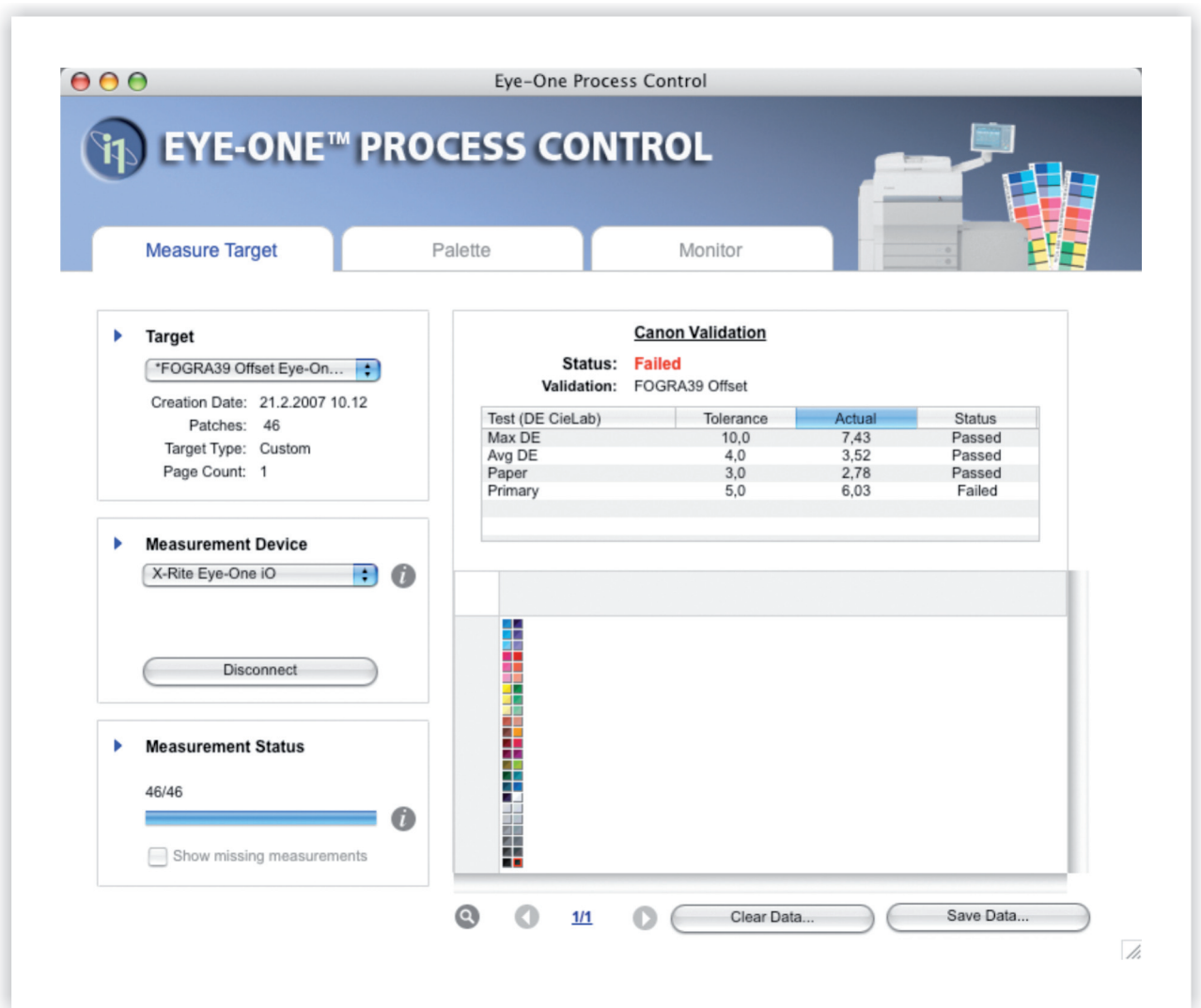
**Kuva 37** Asetukset Media Wedge -mittakiilalle Fogra 39 -validointitestiä varten. Kohdeprofiiliksi valitaan paperille luotu profiili.

Kuvan 37 mukaisissa asetuksissa Paper Simulation -kohta on jätetty tyhjäksi, koska paperin (Magno Satin 170 g/m<sup>2</sup>) valkoisen väriero offset-standardissa määritettyyn päällystetyn paperin väriin on suhteellisen pieni (dE<3). Kuvaajissa 39 ja 40 on vertailtu Paper Simulation -asetuksen vaikutusta kahdella profiiloidulle paperilla. Testin mukaan asetus ei vaikuttanut juurikaan väriarvoihin testin papereilla.

Muita, kaikille validointitavoille yhteisiä Media Wedge -asetuksia ovat:

- Media-välilehdellä kerrotaan paperia vastaava paperityyppi
- Image-välilehden Toner Reduction ja Toner Saving -asetetaan pois päältä (Off).

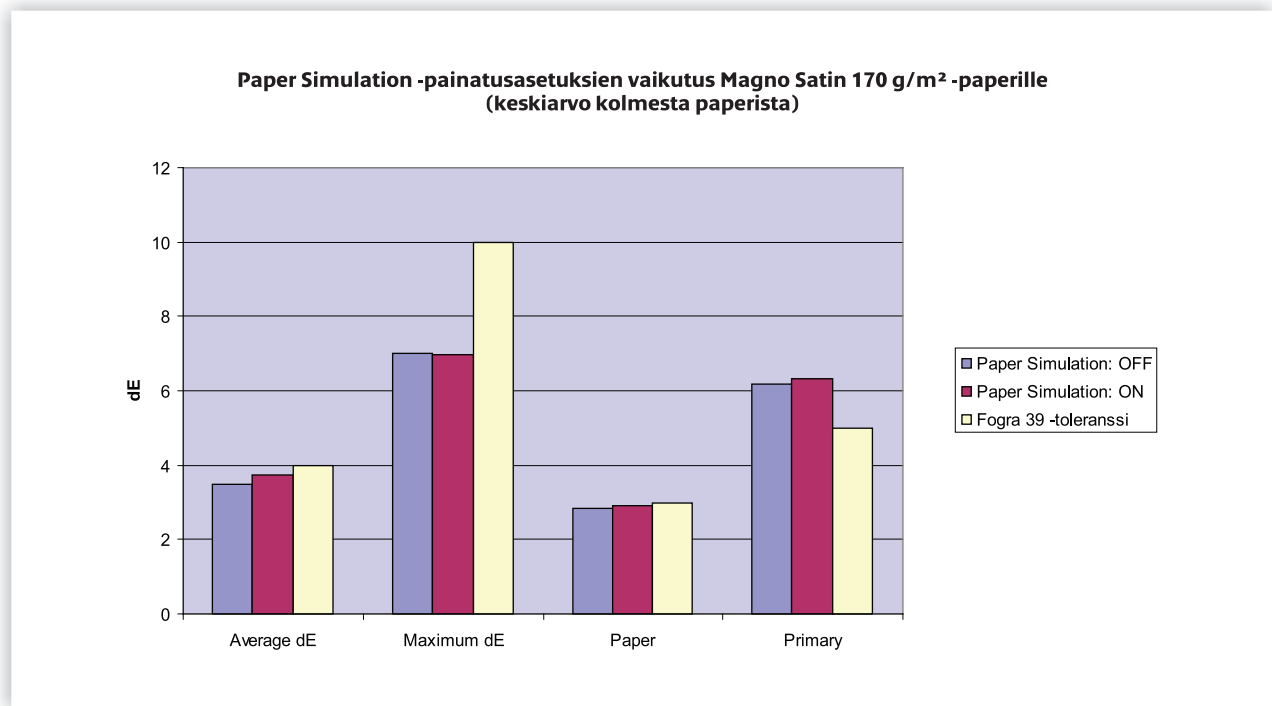
Painettu Media Wedge mitataan Eye-One Process Control -ohjelman avulla. Targets-listasta valitaan painovaiheessa päätetty validointivaihtoehto. Kun mittaus tehdään Eye-One iO -mittauspöydällä, värikiilasta osoitetaan kulmakentät minkä jälkeen iO suorittaa mittauksen ja kertoo validointitestin läpäisyn Passed/Failed -tekstillä. Kuvan 38 mukaisessa, profiloitulle Magno Satin 170 g/m<sup>2</sup>-paperille tehdyssä testissä päävärien toleranssiraja ylitettiin jolloin paperi ei läpäissyt validointitestiä. Primäärivärien väriarvot poikkesivat siis simuloidun offset-standardin mukaisista arvoista yli sallitun toleranssirajan.



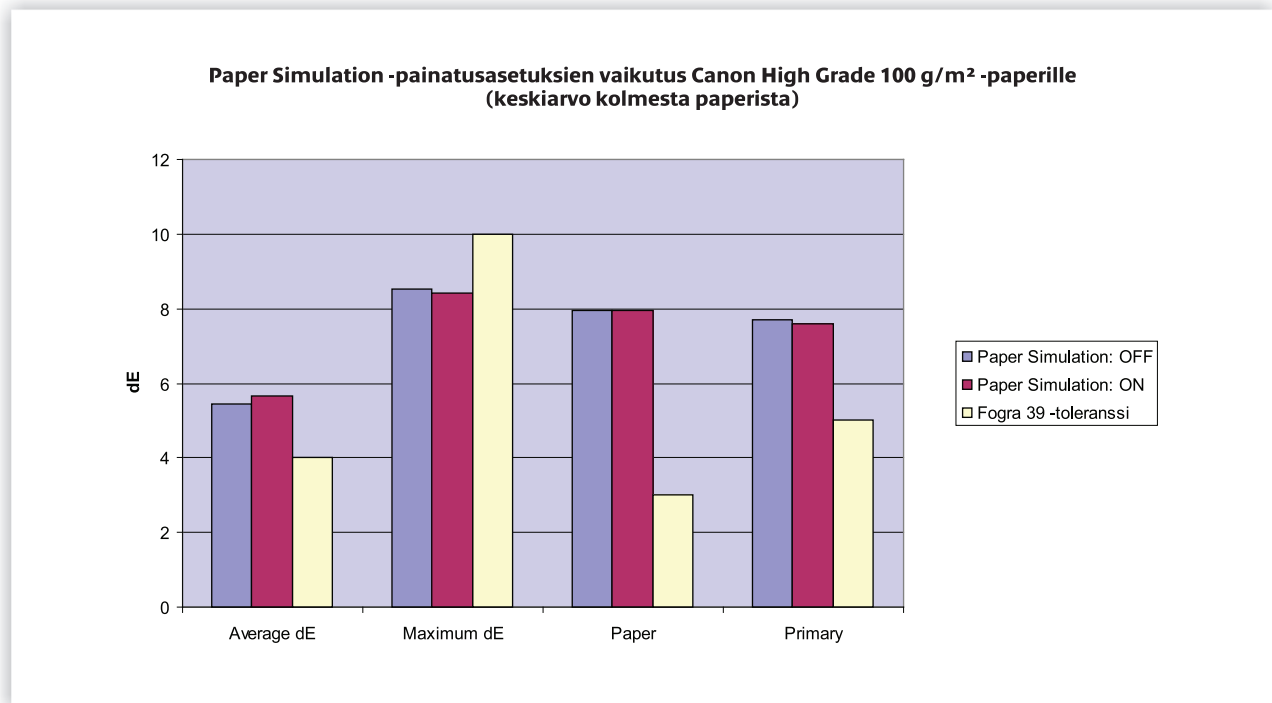
**Kuva 38** Profiloitulle Magno Satin 170 g/m<sup>2</sup> -paperille suoritettu Fogra 39 -validointitesti, joka ei kuitenkaan mennyt läpi johtuen primäärivärien toleranssirajan ylittävästä poikkeamasta.

Validointitestin tulokset voi tallentaa HTML-muodossa, jolloin niitä voi tarkastella selaimella.





**Kuva 39** Paper Simulation -asetuksen vaikutus paperilla, jonka väri on lähellä offset-tavoitearvoa ( $dE < 3$ ).



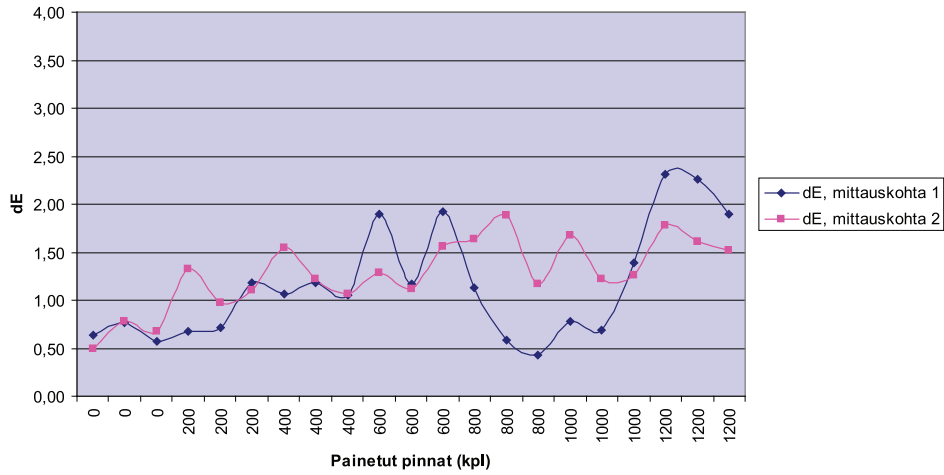
**Kuva 40** Paper Simulation -asetuksen vaikutus paperilla, jonka väri eroaa offset-tavoitearvosta selvästi ( $dE = 8$ ). Asetuksella ei ollut väriarvoja korjaavaa vaikutusta.

## LÄHTEET

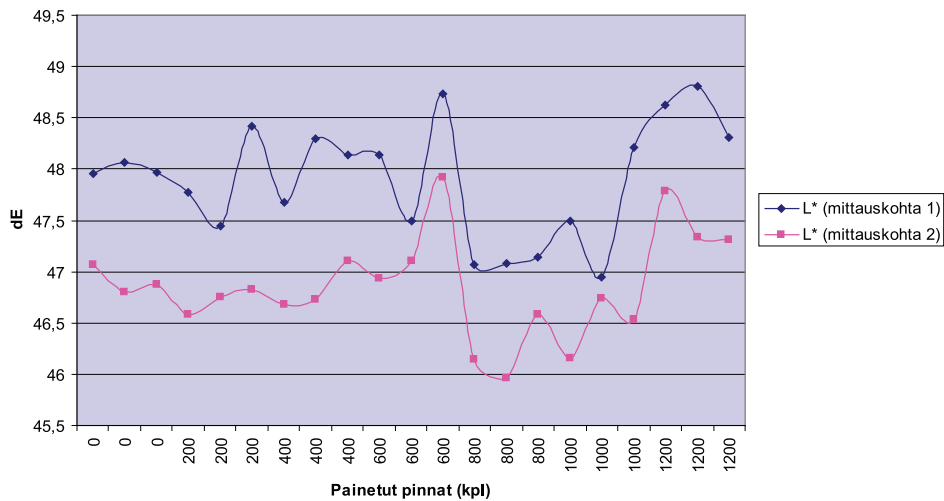
1. Fraser Bruce, Murphy Chris, Bunting Fred. Real World Color Management, Second edition. Peachpit Press. 2005. ISBN 0-321-26722-2
2. Evans Mary Anne & LeMaire Bernice A. An Investigation into Papers for Digital Printing. RIT. 2005. Saatavilla <<http://print.rit.edu/pubs/picrm200506.pdf>>
3. Koskinen Pertti. Hyvä painotuote. Helsinki. Inforviestintä. 2001. ISBN 952-5123-39-1
4. Berns Roy S. Billmeyer and Saltzman's principles of color technology, 3rd ed. New York, Wiley, cop. 2000, ISBN 0-471-19459-X
5. Fairchild Mark D. Color appearance models. Reading (MA): Addison-Wesley. 1998. ISBN 0-201-63464-3
6. Luo M. Ronnier. Colour Difference Formulae: Past, Present and Future. (abstract) ISCC/CIE Expert Symposium, Ottawa, Ontario. 2006. Saatavilla: <<http://www.iscc.org/jubilee2006/abstracts.html>>
7. Kipphan Helmut. Handbook of print media: technologies and production methods. Springer, Berlin. 2001. ISBN 3540-67326-1
8. ISO (International Organization for Standardization). Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 2: Offset lithographic processes. ISO 12647-2:2004
9. ISO (International Organization for Standardization). Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints - Part 7: Proofing processes working directly from digital data. ISO 12647-7:2007
10. Graafinen Teollisuus Ry / VTT. Tekniset laatusuosituksset. Saatavilla: <[http://www.viestinet.org/liitetiedostot/GT/wwwSuomi/16/27/tekniset\\_laatusuosituksset\\_2005.pdf](http://www.viestinet.org/liitetiedostot/GT/wwwSuomi/16/27/tekniset_laatusuosituksset_2005.pdf)>
11. Lehtinen, Lasse. Värihallinta nelivärisessä digitaalipainatuksessa. Insinööriyö. EVTEK-ammattikorkeakoulu. 2006
12. Chung Robert & Rees Matthew J. A Survey of Digital and Offset Print Quality Issues. RIT. 2006. Saatavilla: <<http://print.rit.edu/pubs/picrm200604.pdf>>

Liite 1 Syaain väriarvoissa tapahtuneet muutokset 1200 painopinnan aikana.

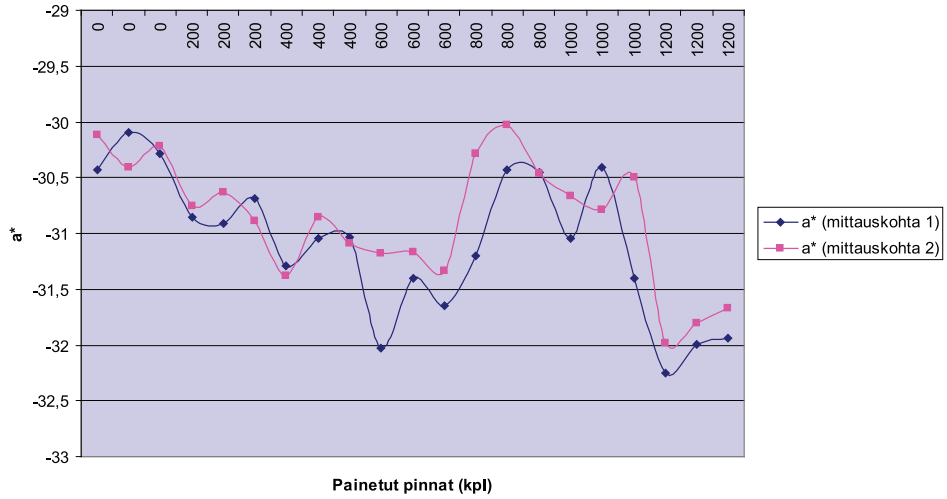
Syaain värihuojunta 1200 painopinnan ajona kahdesta pisteestä mitattuna, väriarvoja verrattu syaain ensimmäisten arkkien keskiarvoon



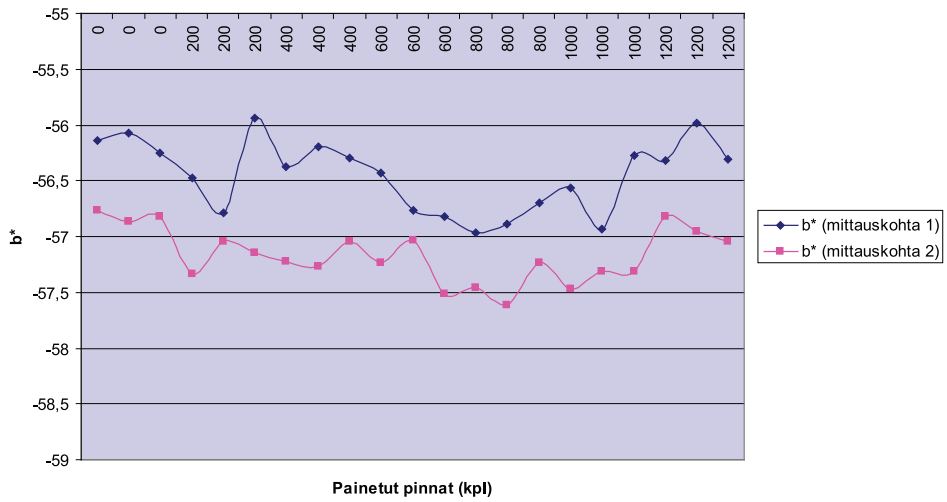
Muutokset syaain L\*-arvoissa 1200 painopinnan ajona mitattuna kahdesta pisteestä



Muutokset syaanin  $a^*$ -arvoissa 1200 painopinnan ajon aikana mitattuna kahdesta pisteestä

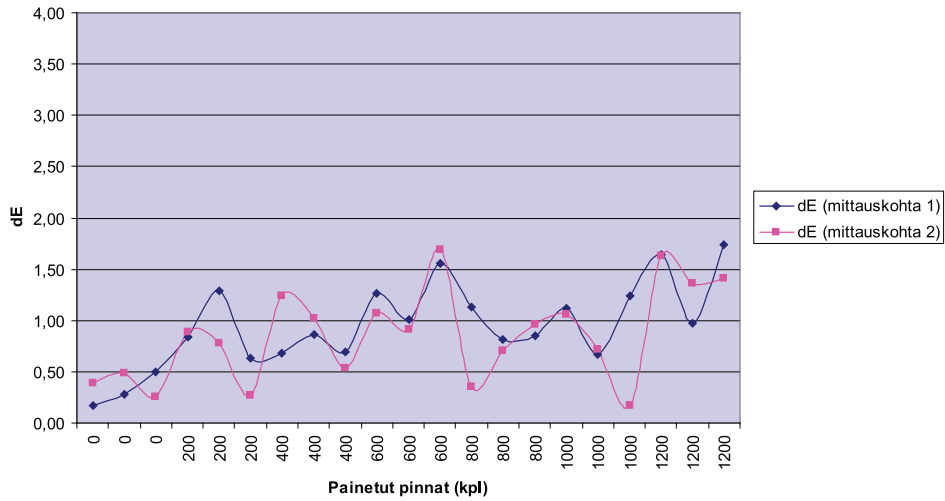


Muutokset syaanin  $b^*$ -arvoissa 1200 painopinnan ajon aikana mitattuna kahdesta pisteestä

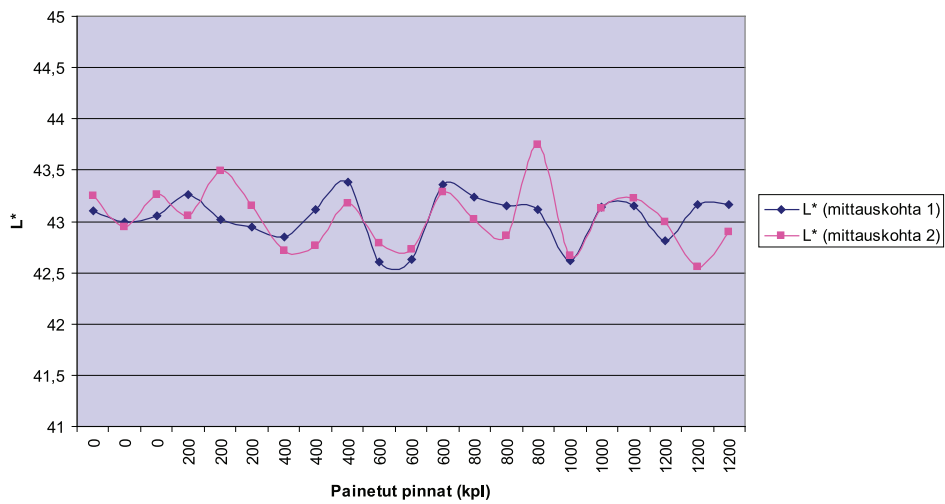


Liite 2 Magentan väriarvoissa tapahtuneet muutokset 1200 painopinnan aikana.

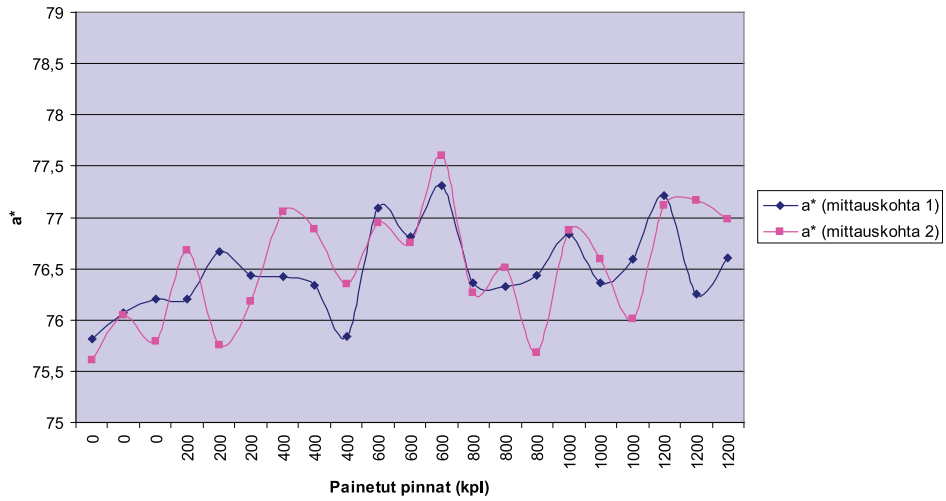
**Magentan värihuojunta 1200 painopinnan ajon aikana kahdesta pisteestä mitattuna, väriarvoja verrattu magentan ensimmäisten arkien keskiarvoon**



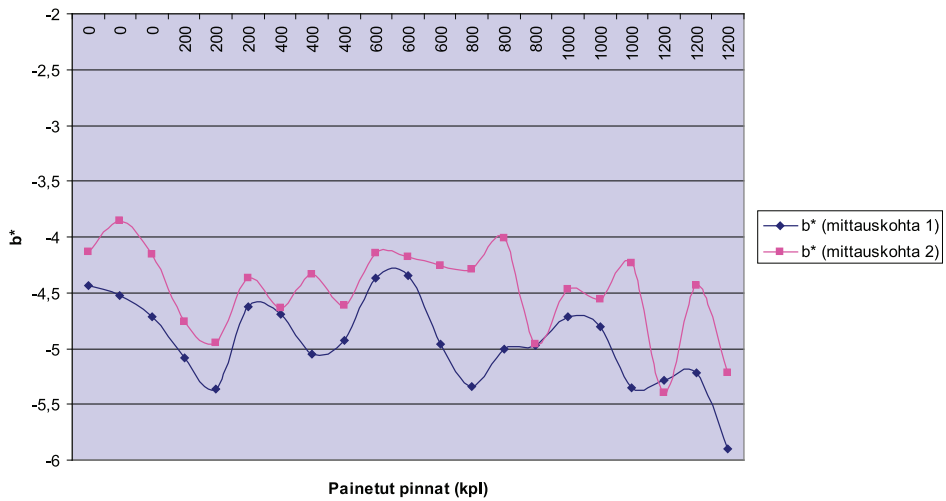
**Muutokset magentan L\*-arvoissa 1200 painopinnan ajon aikana mitattuna kahdesta pisteestä**



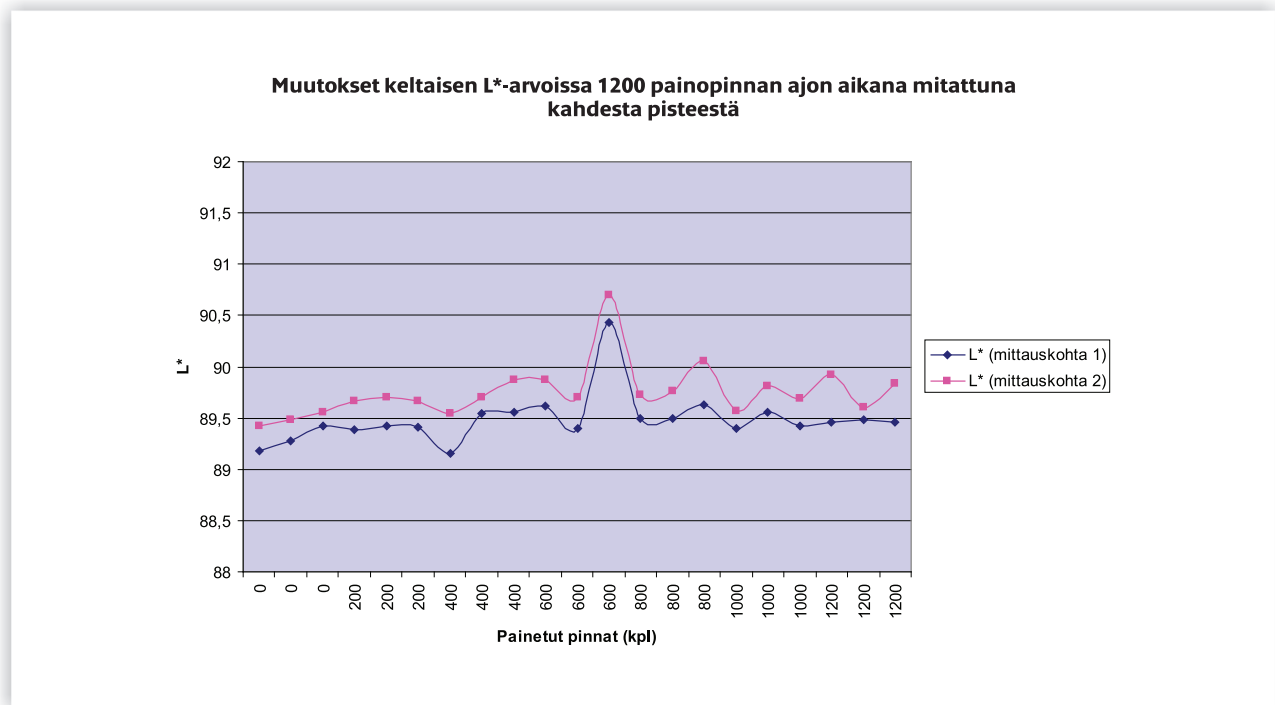
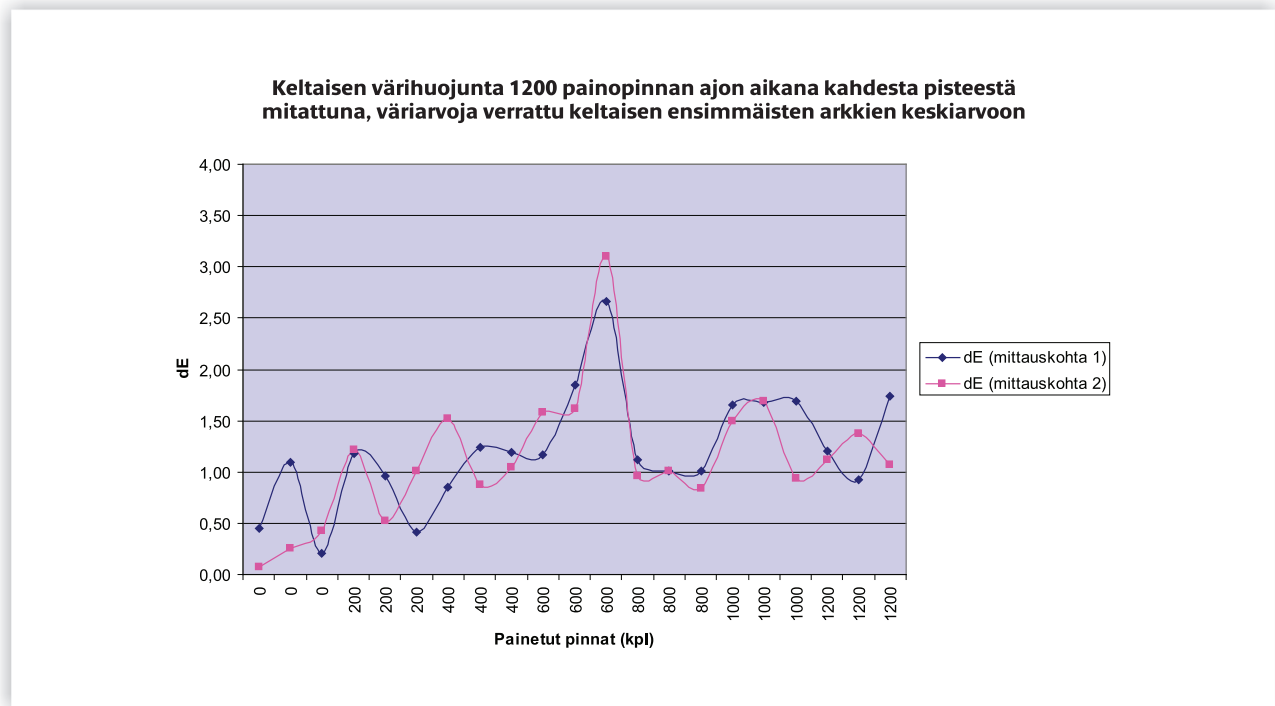
Muutokset magentan a\*-arvoissa 1200 painopinnan ajon aikana mitattuna kahdesta pisteestä



Muutokset magentan b\*-arvoissa 1200 painopinnan ajon aikana mitattuna kahdesta pisteestä



Liite 3 Keltaisen väriarvoissa tapahtuneet muutokset 1200 painopinnan aikana.

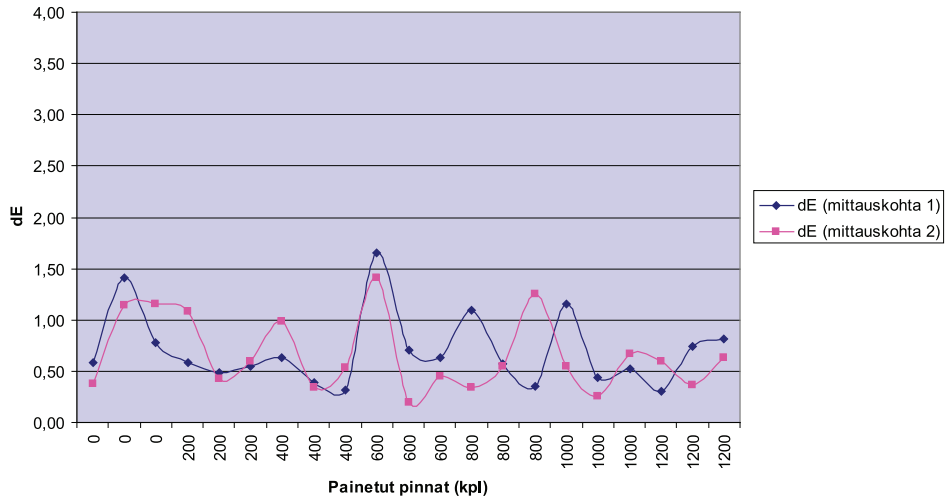




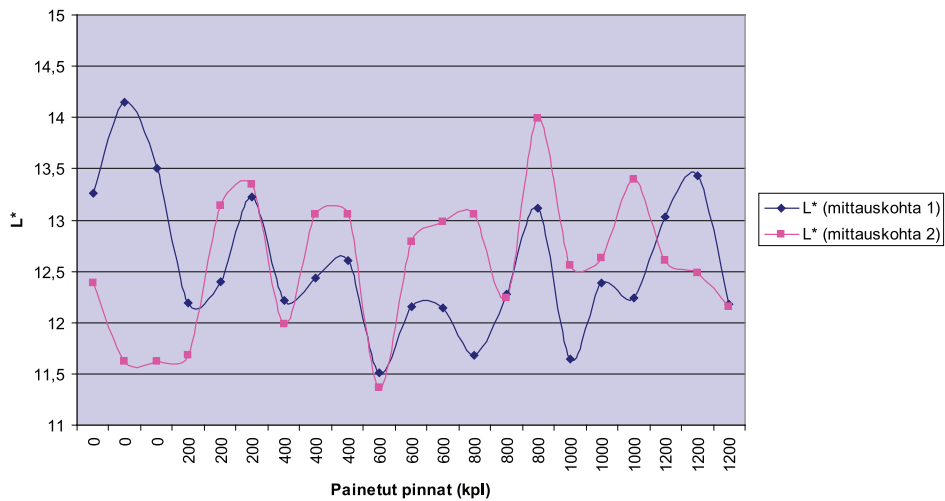


Liite 4 Mustan väriarvoissa tapahtuneet muutokset 1200 painopinnan aikana

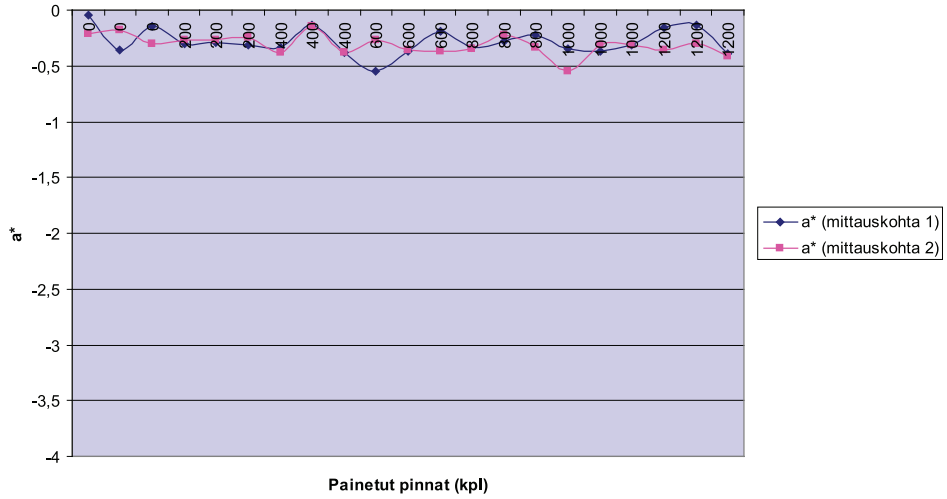
Mustan värihuojunta 1200 painopinnan ajon aikana kahdesta pisteestä mitattuna, väriarvoja verrattu keltaisen ensimmäisten arkkien keskiarvoon



Muutokset mustan L\*-arvoissa 1200 painopinnan ajon aikana mitattuna kahdesta pisteestä



Muutokset mustan  $a^*$ -arvoissa 1200 painopinnan ajon aikana mitattuna kahdesta pisteestä



Muutokset mustan  $b^*$ -arvoissa 1200 painopinnan ajon aikana mitattuna kahdesta pisteestä

