

Eero Mäkelä

Profilointityökalujen erot ja graafisen alan standardit

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

20.11.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Eero Mäkelä Profilointityökalujen erot ja graafisen alan standardit 32 sivua 20.11.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Graafinen tekniikka
Ohjaaja	Lehtori Toni Spännäri
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia yrityksen väriprofiilienluontityökalujen välisten tulosten eroja ja värinhallinnan standardeja sekä tarkastella luotujen profiilien tuloksia niiden suhteen. Väriprofiilit luotiin painokoneen omalla automatisoidulla RGB-skannerilla ja manuaalisesti spektrofotometrimitalaitteella mitaten. Työ toteutettiin insinööriyön toimeksiantajayrityksen omissa tiloissa. Mittalaitteena toimi ES-2000-spektrofotometri.</p> <p>Tutkimuksessa ilmeni, että mittalaitteella luotu profiili oli toistoalaltaan suurempi kuin RGB-skannerilla luotu profiili. Visuaalisessa vertailussa RGB-skannerilla luodun profiilin kuvat olivat yleiseltä sävyltään punertavampia, minkä lisäksi testikuvien dynamiikka oli latteampi ja kontrastit loivemmat kuin mittalaitteella luodulla profiililla.</p> <p>Suoraan digitaalisesta aineistosta tulostettaessa hyödynnettäviä ISO-standardeja ei RGB-skannerilla luotu profiili läpäissyt. Luodun profiilin tuottamat saman värin väliset värierot eivät olleet standardien vaatimuksien mukaisia. Mittalaitetta hyödyntänyt profiili sen sijaan läpäisi toisen standardeista ja on näin ollen standardikelpoinen.</p> <p>Tutkimus osoitti, että RGB-skannerilla luotu profiili ei pärjää rinnakkain vertailtaessa mittalaitteella luodulle profiilille. Painokoneen RGB-skanneri kuuluu osaan suurempaa automatisoiduista toiminnoista koostuvaa joukkoa, joiden tarkoituksena on nopeuttaa ja helpottaa paino-operaattorin työtehtäviä. Sen tarkoitus ei olekaan siis suoranaisesti korvata mittalaitetta värinhallinnan työkaluna vaan tarjota mahdollisuus automatisoidumpaan työn läpivientiin.</p> <p>Työn seurauksena yrityksen väriprofiilit aiotaan luoda ja ylläpitää tulevaisuudessa vain mittalaitteen avulla. RGB-skannerilla luotuja profiileja voidaan tarpeen vaatiessa hyödyntää esimerkiksi uusien paperityyppien vedostamisessa.</p>	
Avainsanat	värinhallinta, väriprofiili, mittalaite, standardi

Author Title	Eero Mäkelä Differences in profiling devices and standards in graphic arts
Number of Pages Date	32 pages 20 November 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Graphic Technology
Instructor	Toni Spännäri, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis was to investigate the company's color profiles made with different color management tools. Those created profiles were also compared to different ISO standards generally used in graphic arts. Color profiles were made using an automated built-in RGB-scanner and a manual measuring device. The study was carried out in the company's premises with their equipment. The measuring device was ES-2000 spectrophotometer.</p> <p>The study showed that the color profile made with spectrophotometer had a larger gamut than the one using a RGB-scanner. In visual comparison test images using a profile made with RGB-scanner were generally a bit more reddish and were lacking contrast.</p> <p>Color profile using a RGB-scanner did not pass either of the ISO standards used in digital printing. Differences between same colors on different occasions were too high to pass the requirements. The color profile using a spectrophotometer fulfilled the requirements for the validation print standard ISO 12647-8 and is therefore valid for standardization.</p> <p>The study showed that on side by side comparison the profile made with RGB-scanner was not as good as the profile made with a measuring device. The built-in RGB-scanner is a part of a larger group of automated actions that are made to ease and expedite user's work tasks. So it is not even supposed to replace a measuring device as a color profiling tool. What it offers is more automated workflow and a decent backup for the actual measuring device.</p> <p>As a result of this thesis company's color management will be made with a measuring device in the future. Profiles made with a RGB-scanner can be used as a backup and for example when proofing a new paper type.</p>	
Keywords	color management, color profile, measuring device, standard

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Värinhallinta	2
2.1	Värinhallintajärjestelmä	2
2.2	Värimallit	4
2.3	Värinhallinnan osatekijät	5
2.4	Kalibrointi	9
2.5	Värin mittaaminen	10
3	Digitaalisen tulostamisen standardit	11
4	Värinhallinnan työkalut	12
4.1	Profilointityökalut	13
4.2	Device Link -profiili ja laitteiden välinen yhdysprofiili	15
4.3	Profiilien muokkaus	16
5	Lasertulostimen profilointi	17
5.1	Profilointi Color Profiler Suitella	18
5.2	Profilointi Command WorkStationilla	20
5.3	Mittaustulokset	21
5.4	Visuaalinen vertailu	23
6	Standardointi Color Profiler Suitella	25
7	Tulosten tarkastelu	28
8	Yhteenveto	30
	Lähteet	31

Lyhenteet

CIE	Commission Internationale de l'Eclairage – Kansainvälinen valaistusjärjestö.
CIE LAB	Laiteriippumaton väriavaruus, joka pystyy toistamaan kaikki silmän näkemät värit sekä kaikki värit, jotka voidaan skannata, näyttöpäätteellä toistaa tai painaa.
RGB	Additiivinen värinmuodostustapa.
CMYK	Subtraktiivinen värinmuodostustapa.
ISO	International Organization for Standardization – Kansainvälinen standardointijärjestö.
RIP	Raster Image Processor – Ohjelma, jolla tiedosto muutetaan tulostuksessa rasterimuotoon.
FWA	Full Width Array. Xeroxin kehittämä painokoneen rungon teknologia, jonka avulla voidaan automatisoidusti kohdistaa eri paperityypit ja luoda väriprofiileja.
CPS	Color Profiler Suite. Yrityksen värinhallinnan työkaluohjelmisto.
CWS	Command WorkStation. Yrityksen RIP-ohjelmisto.
ICC	International Color Consortium – Värinhallinnan standardointijärjestö.

1 Johdanto

Insinööriyön tilaajayrityksenä on helsinkiläinen kopiolaitos, jonka toimenkuvaan kuuluvat sekä CAD- että digitaaliset tulostuspalvelut. Yritykseen hankittiin uusi digitaalinen painokone vuoden 2015 lopulla. Uudessa painokoneessa on sisäänrakennettuna RGB-skanneri, jonka avulla voidaan automatisoidusti luoda muun muassa väriprofiileja. Painokoneen käyttökoulutuksessa painotettiin RGB-skannerilla luotujen profiilien laadukkuutta ja helppokäyttöisyyttä. Koulutuksessa todettiin, että mittalaitteella luodut väriprofiilit ovat toistoaloiltaan suurempia mutta käytännön töissä eroa RGB-skannerilla luotuihin profiileihin ei välttämättä juurikaan huomaa. Tämän insinööriyön tarkoituksena on verrata mittalaitteella ja RGB-skannerilla luotujen väriprofiilien toistoavaruuksia sekä tarkastella niiden toistokykyä graafisen alan standardien puitteissa.

Yrityksen asiakaskunta koostuu niin yksityisistä henkilöistä kuin keskisuurista yrityksistä. Näin ollen aineistojen painotekniset kriteerit vaihtelevat runsaasti: osa aineistoista on ammattilaisten tuottamia painoon kelpavia julkaisuja ja osa taas sisällöntuotantoon sopimattomien ohjelmien avulla luotuja kyhäelmiä. Erityyppiset aineistot luovat omanlaisensa haasteet painotöille. Tilattavat painotuotteet vaihtelevat laajalti käyntikorteista aina haitaritaitettaviin A3-esitteisiin.

Ennen tätä insinööriyötä yrityksen väriprofiilit oli kaikki luotu RGB-skannerin avulla. Eri profiilien välillä ei ollut minkäänlaista yhteneväistä linjaa, vaan profiilien pohjalla toimivat skannerin mittaukset ja operaattorin omiin näköhavaintoihin ja päätelmiin johtaneet tulokset.

Painotuotteen värien toistolla on suurin yksittäinen merkitys asiakkaalle myytävässä tuotteessa. Väreistä johtuvia reklamaatiota tulee toisinaan, ja niihin pyritään puuttumaan niin hyvin kuin mahdollista, jotta tulevaisuudessa voidaan välttyä uudelleenpainatuksilta. Mittalaitteella luotujen väriprofiilien käyttö voisi olla yksi pidempikestoinen ratkaisu värien toistuvuusongelmiin.

2 Värinhallinta

Värinhallinta on prosessi, jossa originaalin ja jäljennöksen värit pyritään toistamaan mahdollisimman samankaltaisina eri julkaisualustoissa. Ongelmaksi usein kuitenkin muodostuvat skannatun tai digitaalisella kameralla otetun originaalikuvan värien eroavaisuudet toisistaan näyttölaitteilla ja painotuotteena. Syy tähän on eri laitteiden värinmuodostustapojen erilaisuudessa. [1, s. xix.] Vaikka värinhallinta pohjautuu standardeihin ja matemaattiseen laskentaan, käsittelevät kaikki laitteet väriä tuottavaa dataa eri tavalla ja ovat alttiita fysikaalisille muutoksille. Lämpö ja kosteus ovat suurimmat väri vaihtelujen fysikaalisia muutoksia aiheuttavat tekijät varsinkin painettaessa. [2.] Värien tarkastelu voi myös erota suurestikin erilaisista valonlähteistä riippuen. On siis tärkeää, että laitteiden toimintaa seurataan ja tarvittaessa korjataan sekä laitteiden ympäristöä kontrolloidaan säännöllisesti, jotta ne toimivat odotetulla tasolla.

Värinhallinnan avulla pyritään parantamaan ja ennustamaan värien toistuminen halutulla tavalla. Värien konvertoinnissa hyödynnetään laitekohtaisia profiileja, joiden avulla värit siirretään värijärjestelmästä toiseen. Profiili mahdollistaa sen, että monitorilla nähtävät värit toistuvat sen mukaisina, kuin ne voidaan tulostaessa tuottaa. [3, s. 27.]

2.1 Värinhallintajärjestelmä

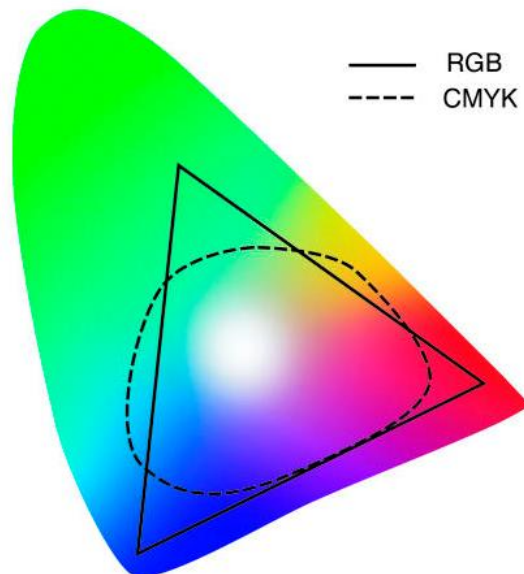
Värien toistuminen samanlaisina laitteistoista riippumatta on aina ollut haastavaa. Erilaisia syöttö- ja päätelaitteita on markkinoilla lukemattomia ja jokainen laitemalli tuottaa värejä eri tavalla. Näin ollen samat väriarvot eri laitteilla voivat näyttää yllättävänkin erilaisilta. Jotta värit saataisiin näyttämään samanlaisilta, laitteistosta riippumatta, tarvitaan värinhallintajärjestelmää. [4, s. 1.]

Värinhallintajärjestelmä, eli CMS (Color Management System), on joukko toimintoja, joilla toteutetaan värihallittu painoprosessi. Sen tehtävänä on ymmärtää, mitä värejä sille annetut RGB- ja CMYK-arvot vastaavat, ja pyrkiä säilyttämään värit samankaltaisina laitteistosta riippumatta. Sen suurimmat ongelmat syntyvät värien yhdenmukaisuuden säilyttämisessä eri värimallien välillä, sillä näyttölaitteiden RGB-väriarvoja ei voida suoraan konvertoida painokoneen CMYK-arvoiksi tai päinvastoin. CMYK-painovärien muodostuksessa painotekniikan lisäksi myös paperi ja väriaine vaikuttavat värintoistoon. [1, s. 54–56; 7.]

Värejä voidaan kuvata laitteesta riippuen kahdella eri värimallilla. Näyttölaitteissa, kuten televisioissa, digitaalikameroissa ja monitoreissa, värit muodostetaan sekoittamalla eri väreisiä tiheästi aseteltuja väripisteitä keskenään, jolloin kolmesta väripisteestä muodostuu yksi väripiste. Lähtövärit ovat punainen, vihreä ja sininen (RGB), eli ne värit, joille ihmissilmän värireseptorit ovat herkkiä. Tällä värinmuodostustekniikalla esimerkiksi keltainen väri muodostetaan lisäämällä päällekkäin vihreää ja punaista valoa. Tällaista lisäävää värinmuodostusta kutsutaan additiiviseksi värinmuodostustekniikaksi. [6, s. 69-70.]

Painettaessa käytössä on vähentävä eli subtraktiivinen värinmuodostustekniikka. Siinä väri muodostetaan syaanin, magentan, keltaisen ja mustan osavärien avulla (CMYK). Painettaessa lähtökohtana on yleensä valkoinen pinta, eli useimmiten valkoinen paperi. Kukin osaväreistä vähentää vastakkaisvärinsä valon heijastusta valkoisesta pinnasta ja näin toimii tavallaan suotimena. Tällä värinmuodostustekniikalla esimerkiksi punainen väri saadaan painamalla magentaa ja keltaista päällekkäin. [3, s. 24-25.]

RGB- ja CMYK-avaruudet ovat toistoaloiltaan erilaiset, kuten kuvasta 1 voidaan havaita.



Kuva 1. RGB- ja CMYK-avaruudet suhteutettuna ihmissilmän näkemään väriskaalaan [5 s. 13].

Painettaessa etenkin sinisten ja vihreiden väriarvojen tummien päiden toistettavuus tuottaa ongelmia. RGB- ja CMYK-arvojen yhdenmukaistamisessa värinhallintajärjestelmä

hyödyntää profiileja ja suositusväritiloja. Niiden avulla värit konvertoidaan niin lähelle toisiaan, kuin se vain on fysikaalisesti mahdollista.

2.2 Värimallit

CIE (Comission Internationale d'Eclairage) eli kansainvälinen valaistuskomissio on jo vuosikymmenien ajan työskennellyt värien standardisoimisen parissa. Komissiossa on tutkittu laajalti, kuinka ihmissilmä aistii valoja ja värejä. Tutkimustuloksena on saatu luotua niin kutsuttu ”standardihavainnoija”, joka kuvaa ihmisen keskimääräistä värinäköä. CIE:n mukaan värihavaintoa on mahdollista kuvata kolmen herkkyyssäyrän avulla ja yksittäistä väriä kolmen väriarvon avulla.

Standardihavainnoijan lisäksi CIE on luonut kolorimetrisiä värimalleja, joiden pohjana käytetään jo vuonna 1931 kehitettyä CIEXYZ-väriavaruusmallia. CIEXYZ kuvaa väriä kolmiulotteisesti: siinä x-, y- ja z-akselit edustavat vastaavia puna-, viher- ja sinikomponentteja. Koordinaattien arvojen laskemiseen käytetään matemaattista kaavaa, jossa kertomalla standardihavainnoija, katseluvalon väri ja pinnan heijastus saadaan aikaiseksi kuvaus väreistä CIEXYZ-väriavaruudessa. CIEXYZ-väriavaruudessa voidaan tarkastella pelkästään kahta akselia, joista saadaan värin kromaattisuus eli kylläisyys. Mitä keskemällä väriavaruutta ollaan, sitä vähemmän väriässä on kromaattisuutta eli sitä harmaampi on värin värisävy.

CIEXYZ-avaruuden ongelmaksi muodostuu se, että kahden värin välinen ero väritilassa ei vastaa ihmissilmän värihavaintoa eikä se huomioi värien sävyeroja. Tämän pohjalta on kehitetty CIELab-järjestelmä, joka vastaa suuressa määrin ihmissilmän värinäköä. CIELab-väriavaruuteen mahtuvat ihmissilmän aistimien värien lisäksi myös kaikki värit, jotka voidaan skannata, esittää monitorilla tai painaa. CIELab on laiteriippumaton väriavaruusmalli, jonka tarkoituksena on vähentää värien etäisyyksien aiheuttamia vääristymiä. Se koostuu kolmesta pääparametrista: L-kirjain kuvaa värin luminanssia eli kirkkautta, a-kirjain värin kylläisyyttä vihreästä punaiseen ja b-kirjain värin kylläisyyttä sinisestä keltaiseen. [1, s. 40–42 & 69–71; 5, s. 13–14.]

CIELabin pyrkimyksenä on luoda havainnollisesti tasavälinen avaruus, jossa kahden väripisteen välinen etäisyys voidaan laskea ja arvioida, kuinka erilaisilta värit näyttävät ih-

missilmällä tarkasteltaessa. Kahden väriarvon etäisyyttä toisistaan voidaan mitata spektrofotometrin avulla. Tätä syntyvää värieroa ilmaistaan yksiköllä ΔE (delta E). Mitä suurempi ΔE -arvo on, sitä helpommin ihmissilmä pystyy havainnoimaan värien välisen eron (kuva 2). [5, s. 14.]

ΔE	<i>Ihmissilmän havainto</i>
0-1	Tätä eroa ei normaalisti nähdä silmin, arvo voidaan jättää huomiotta.
1-2	Todella pieni ero, joka voidaan nähdä harjaantuneella silmällä.
2-3,5	Useimmat ihmiset voivat nähdä tämän eron ongelmitta.
3,5-6	Selvä ero, joka on helppo huomata.
>6	Ero, jonka kaikki voivat nähdä.

Kuva 2. ΔE -värierojen kuvaus ihmissilmän havainnoimana [5 s. 14].

2.3 Värihallinnan osatekijät

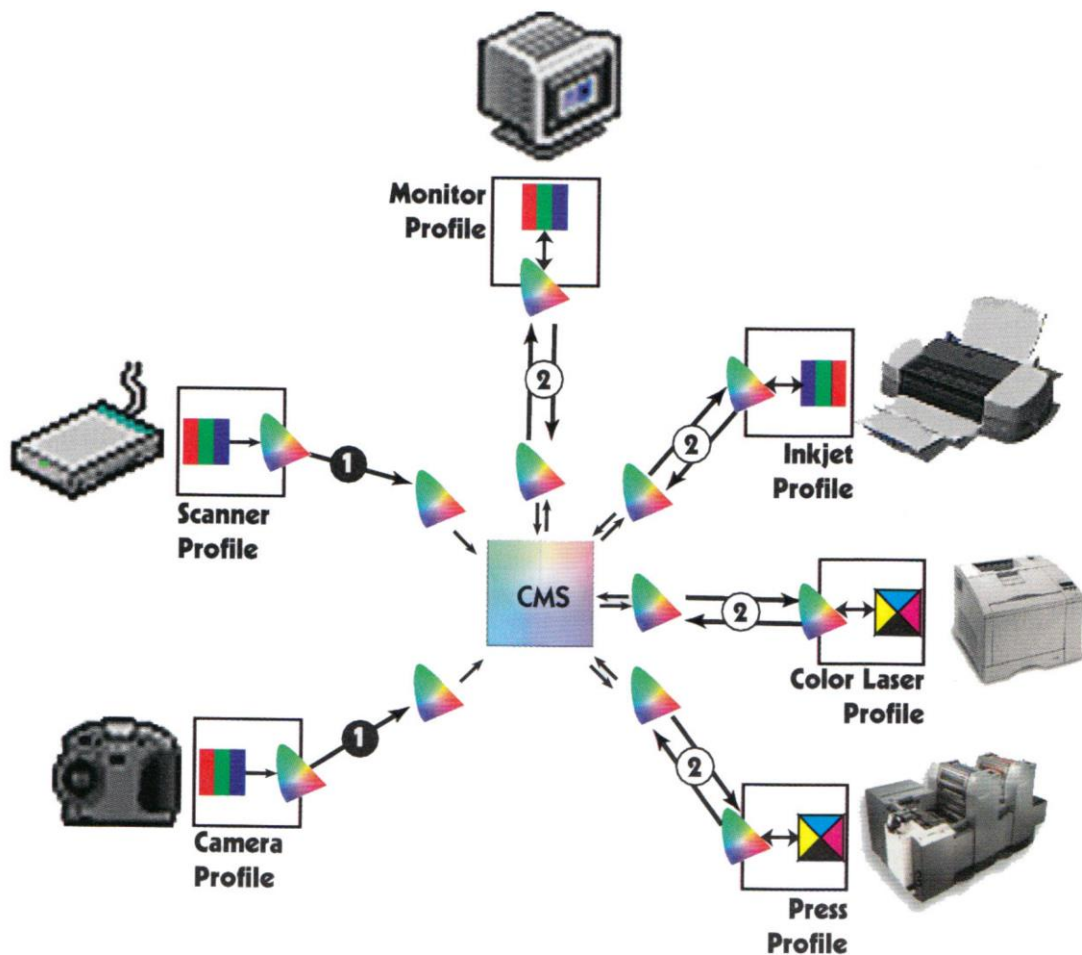
Väriavaruuksien yhteensopivuusongelmien vuoksi eri graafisen alan yrityksistä koostuva ICC-konsortio on luonut ICC-värihallintajärjestelmän, jonka tavoite värihallintastandardina on olla riippumaton valmistajista ja alustoista. ICC-pohjaiset värihallintajärjestelmät voidaan jakaa neljään osatekijään: profiileihin, suositusväritiloihin (PCS – Profile Connection Space), värimuunnoslaskimeen (CMM – Color Management Module) ja värinkonvertointitapoihin (rendering intents). [5, s. 15.]

Profiilit

Profiilit antavat RGB- ja CMYK-arvoille merkityksen, joka sellaisenaan on vain arvo, jota eri laitteet tulkitsevat omilla tavoillaan. Profiilit eivät muuta väriarvoja vaan kertovat värien sijainnin laiteriippumattomassa väriavaruudessa määrittellen laitteen värien ohjaussignaalien ja laiteriippumattoman väriavaruuden signaalien tuottamien todellisten värien väliset suhteet. Profiili voi kuvata yksittäistä laitetta, laiteluokkaa tai kokonaista abstraktia väriavaruutta.

Laiteprofiilit kertovat laitteen kolmesta päämuuttujasta: väriaineiden toistoalasta, dynaamisesta alueesta ja väriaineiden sävyntoisto-ominaisuuksista. Lisäksi jotkin profiilit sisältävät CMM-laskimelle lisäinformaatiota, kuten miten toimia toistoalan ylittävien värien käsittelyssä.

Laiteprofiilit voidaan jakaa luokkiin laitetyyppien käyttötarkoituksen mukaisesti. Digikameroiden ja skannerien profiilit voidaan luokitella syöttöprofiileiksi, monitorien ja näyttöjen näyttöprofiileiksi ja tulostimien sekä painokoneiden tulostusprofiileiksi. Profiilit voivat myös olla joko yksi- tai kaksisuuntaisia. Kuvassa 3 on esitettyä profiilien toiminta värikonversiossa.



Kuva 3. Profiilien toiminta. Värimuunnoslaskin laskee väriarvot lähdeprofiilista kohdeprofiiliin yhdysavaruuden avulla [1, s. 101].

Syöttöprofiilit ovat yksisuuntaisia, sillä värejä ei voida tulkita tai tulostaa kameralla tai skannerilla. Näin ollen värinhallinnassa ei ole tarvetta muuntaa värejä kyseisten laitteiden väriavaruuteen, joten tiedonkulkusuunta voi olla vain laitteesta pois päin. Syöttöprofiilin tarkoituksena on kertoa värinhallintajärjestelmälle, miten standardihavainnoija koee kameran tai skannerin tuottaman värin.

Monitorit ja näytöt toimivat sekä syöttö- että tulostuslaitteina, joten niiden profiilit sallivat värimuunnokset kumpaankin suuntaan yhdysavaruuden ja näyttölaitteen väriavaruuden välillä. Kun värejä säädetään näytöllä, toimii profiili syöttöprofiilina ja samalla myöskin värinhallinnan kannalta tulostusprofiilina. Näyttöprofiilin avulla saadaan muodostettua kuva näytön värintoistokyvystä.

Tulostusprofiili kuvaa tulostuslaitteen väritilaa. Tulostamista varten värinhallintajärjestelmä muuntaa värit yhdysavaruudesta tulostuslaitteen väriavaruuteen. Tulostusprofiilit toimivat myös kaksisuuntaisina, sillä niiden avulla esitetään valmiiksi tulostuslaitteen avaruuteen muutettuja värejä myös näyttölaitteilla tai muunnetaan painettava CMYK-kuva jonkin toisen tulostuslaitteen väriavaruuteen vedostamista varten. Kun tulostamista varten CMYK-muotoon muutettu kuva halutaan esittää näytöllä, täytyy värinhallintajärjestelmän muuntaa tulostusprofiilin avulla värit takaisin näytön RGB-avaruuteen yhdysavaruuden kautta. [1, s. 100; 5, s. 16–19.]

Yhdysavaruus

Suositusväritila tunnetaan myös laitteiden yhdysavaruutena. Sen tehtävänä on määrittää yksikäsitteisesti, laitteen värintoistosta välittämättä, värin numeerinen arvo CIEXYZ- tai CIE Lab-väriavaruudessa. Se siis toimii erilaisten värintoistolaitteiden solmukohtana ja yksinkertaistaa eri laitteissa esiintyvien väritilojen välistä konvertointia. Kun väri on määritetty CIEXYZ- tai CIE Lab-avaruudessa, voidaan määrittellä, kuinka standardihavainnoija koee kyseisen värin. [1, s. 83–84; 5, s. 16.]

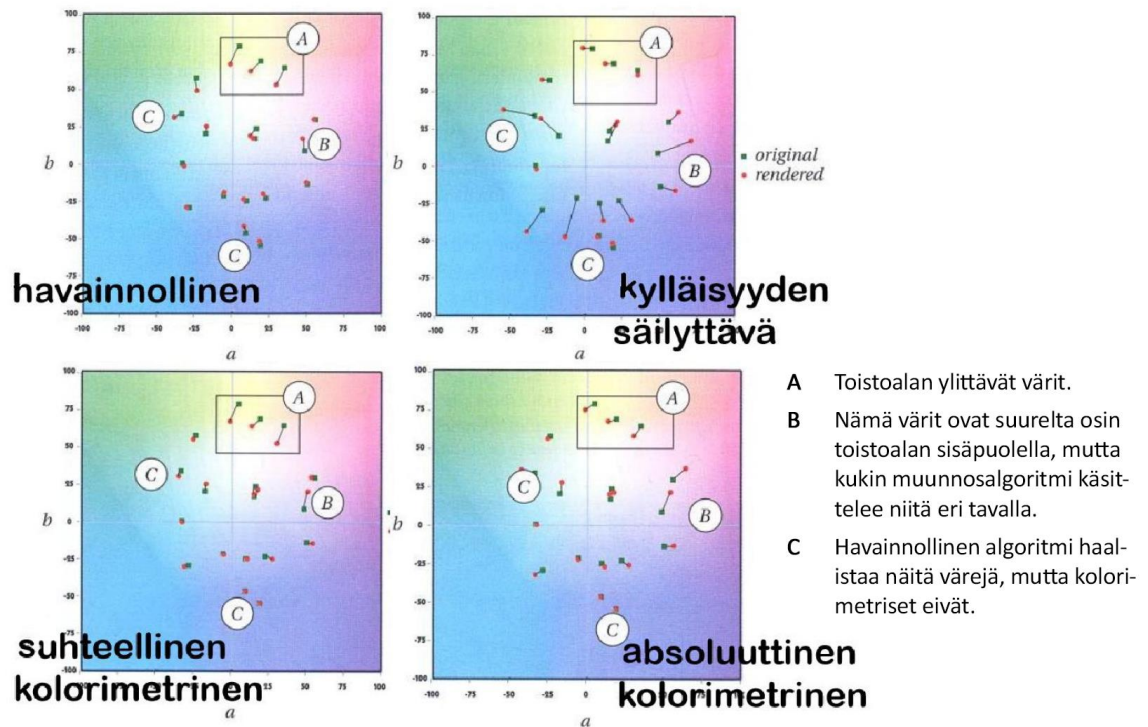
Värimuunnoslaskin

Värimuunnoslaskin suorittaa profiilin muuntamisessa tarvittavat algoritmit ja muuntaa sille syötetyt RGB- ja CMYK-arvot kohdeprofiiliin lähdeprofiilin väritietojen avulla. Värinhallintajärjestelmän täytyy tietää, mistä värit ovat tulossa ja minne ne ovat menossa. Tämän vuoksi tarvitaan aina kaksi profiilia. Profiili ei sisällä kaikkia mahdollisia RGB- ja

CMYK-arvojen yhdistelmiä, sillä tällöin kuvien konvertointiprosessi olisi moninkertaisesti suurempi, joten värinmuunnoslaskin laskee tiedossa olevien pisteiden avulla väliin jäävien pisteiden arvot. Tätä prosessia kutsutaan interpoloinniksi. [1, s. 86–88.]

Näköistystavat

Jokaisella väriä tuottavalla laitteella on oma rajoitettu värinvalikoimansa (gamut). Monitori tai painokone ei pysty tuottamaan esimerkiksi kylläisempää syaania kuin laitteen värinmuodostustavalla on mahdollista saada aikaiseksi. Kaikki ne värit, jotka eivät sijaitse laitteen värinvalikoiman sisällä, täytyy konvertoida gamutiin sopiviksi. Konvertointi määritellään muunnosalgoritmien avulla. Näitä värinmuunnostapoja on olemassa neljä (kuva 4).



Kuva 4. Muunnosalgoritmien erot [1, s. 90].

Havainnollinen (perceptual) konvertointitapa säilyttää kuvan värinvalikoiman visuaalisten periaatteiden mukaan. Sen tavoitteena on säilyttää värien suhteet toisiinsa sovittamalla kaikki lähdeavaruuden värit kohdeavaruuden sisään. Tämä näköistystapa on hyvä vaihtoehto silloin, kun kuvassa on paljon toistoalan ylittäviä värejä.

Kylläisyyden (saturation) säilyttävä konvertointialgoritmi pyrkii tuottamaan eloisia värejä muuntamalla värintoistoalan ulkopuoliset kyllästetyt värit kohdeavaruuden vastaaviksi. Tätä muunnostapaa käytetään erityisesti tilastografiikkaan ja karttoihin, mutta sitä ei suositella käytettäväksi, kun tavoitteena on täsmällinen värintoisto.

Suhteellisessa kolorimetrisessä (relative colorimetric) muunnostavassa lähdeavaruuden valkoinen kuvataan aina kohdeavaruuden valkoiseksi niin, että esimerkiksi tulosteen valkoinen on paperin valkoinen eikä lähdeavaruuden valkoinen. Tämä algoritmi laskee väriavaruuden ulkopuoliset värit lähimpään toistettavissa olevaan värisävyyn ja säilyttää suuren osan alkuperäisistä väreistä. Tämä muunnostapa on yleisimmin käytetty konvertointitapa Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa.

Absoluuttinen kolorimetrinen (absolute colorimetric) näköistystapa eroaa suhteellisesta kolorimetrisestä siinä, että sen kohdeavaruuden valkoinen on aina sama kuin lähdeavaruuden valkoinen. Näin ollen, mikäli lähdeavaruuden valkoinen on sinertävä, täytyy myös kohdeavaruuden valkoisen sinertää. Tätä tapaa käytetään lähinnä vedostukseen, jossa on tavoitteena simuloida tulostinta toisena painolaitteen vedostimena. [1, s. 89; 5, s. 20; 7.]

2.4 Kalibrointi

Laitteet ovat epävakaita, ja niiden värintoisto-ominaisuudet muuttuvat ajan ja ympäristön vaihtelun myötä. Näitä muutoksia on tärkeää hallita, jotta koneiden toiminta saadaan optimoitua täsmälliseksi. Laitteiden vakiointia hallitaan kalibroimalla.

Värihallinnassa kalibroinnilla muutetaan laitteen värintoisto haluttuun vakioituun tilaan. Kalibroinnin avulla voidaan myös luoda uusi profiili, joka kuvaa laitteen senhetkistä tilaa. Kalibroitaessa laitteelle lähetetään arvoiltaan tunnettuja värisignaaleja, joista saadaan mitattua niistä syntyvät väripoikkeamat kohdeprofiiliin nähden. Riippuen alustasta, joko näyttöpääte tai painokone säätää värinantoa niin, että värit toistuvat niiden oikeilla tunnetuilla arvoilla. Tarkoituksena on aina tuottaa täsmällisesti sama väri mikä on profiloitaessa saavutettu. Tämän vuoksi kalibrointi on edellytys onnistuneelle profiloinnille. Kalibrointi koostuu kolmesta päämäärästä ja tekijästä: vakaudesta, optimoinnista sekä simuloinnista.

Vakaus kertoo laitteen kalibrointivälistä. Mikäli laitteen värinhallinta on epävakaata ja se muuttuu paljon lyhyessä ajassa, se tarvitsee useammin kalibroimista tuotantolaadun optimaalisuuden ylläpitämiseksi. Kaikki laitteet eivät kuitenkaan ole kalibroitavissa, vaan osa laitteista joudutaan aina profiloimaan kalibroinnin sijaan. Mitä vakaampi laite on, sitä harvemmin se tarvitsee kalibrointia ja sitä todennäköisemmin profiili toimii oikein.

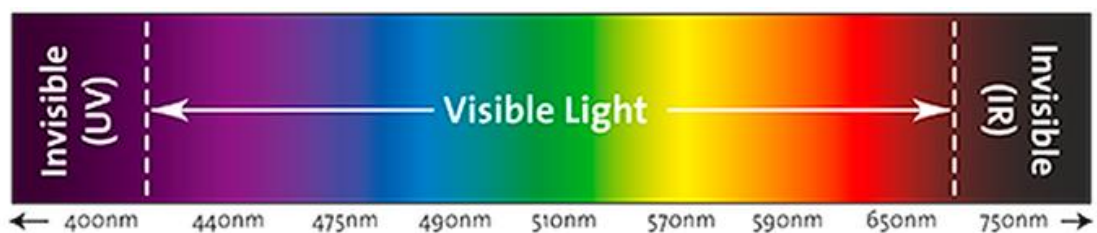
Optimoinnilla vakaa laite pyritään saamaan toimimaan optimaalisesti niin, että käytössä on mahdollisimman suuri alue laitteen omasta värin toistoalasta ja dynaamisesta alueesta, ilman että värintoisto menettää ennustettavuuttaan.

Simuloinnilla on mahdollista hyödyntää vakaan ja optimoidun laitteen värikäyriä toisen laitteen värintoiston saavuttamiseksi. Tällä tavoin voidaan esimerkiksi kalibroida vedostin niin, että sen värintoistoala on mahdollisimman samankaltainen kuin tietyn halutun toisen painokoneen. [1, s. 120–122; 5, s. 22–23; 6, s. 89.]

Stabiilin värinhallinnan saavuttamiseksi kalibrointi olisi hyvä suorittaa tasaisin väliajoin. Kalibrointiväli riippuu laitteen omakohtaisesta värivakaudesta. Joillain koneilla kalibrointi on tarpeen päivittäin, joillain harvemmin. Laitteen osien vaihdon yhteydessä tulisi aina kalibroida laite uudelleen, jotta kalibroinnin avulla saavutettu vakaa pohja värien toistettavuudelle saataisiin pidettyä optimaalisena.

2.5 Värin mittaaminen

Värinhallinnan kontrolloinnissa avainasemassa on värin mittaaminen. Väriä mitattaessa mitataan todellisuudessa kuitenkin valoa. Värit ovat aistihavaintoja, jotka syntyvät valon osuessa silmän verkkokalvoon. Silmä muuttaa valon hermosignaaleiksi aivojen näkökeskukselle. Valo puolestaan on elektromagneettista säteilyä, jota ihmissilmä pystyy aistimaan noin 380–720 nanometrin välillä (kuva 5). [5, s. 9.]



Kuva 5. Ihmissilmän havainnoima värisävyalue [10].

Väriä voidaan mitata spektrofotometrillä, joka mittaa painomateriaalin pinnalle loistavan valon kunkin aallonpituuden voimakkuuden ja takaisin laitteeseen heijastuvan valon välille syntyvää suhdetta. Spektrofotometri valaisee mitattavan kohteen standardivalolla (esimerkiksi D50) ja analysoi pinnasta heijastuvan valon aallonpituusjakauman. Värimittauksella saadaan tarkka tieto värin sijainnista väriavaruudessa. [11, s. 36, 48.]

3 Digitaalisen tulostamisen standardit

Graafisella alalla laadun vakiointiin käytetään ISO-standardeja, jotka perustuvat vakioituihin toimintatapoihin ja erilaisiin laadullisiin kriteereihin. Kun toimintatavat ovat vakioituidut, pystytään tuotantolaatu pitämään tasaisena ja ennustettavana. Standardeja luo kansainvälinen standardointiorganisaatio ISO (International Organization for Standardization). Graafisen alan standardi on ISO 12647, ja se kattaa sekä paino- että tulostusprosessit. Standardeissa määritellään painolaadulle tietyt tavoitearvot, laatuksiteerit ja sallitut väri vaihtelualueet.

Digitaalisessa tulostamisessa voidaan hyödyntää muutamaa graafisen alan standardia, riippuen tulostusprosessin käyttötarkoituksesta. Standardoimalla saadaan tuotettua ennustettava, tasalaatuinen ja vertailukelpoinen tulostusjälki. Digitaalinen tulostaminen käsitteenä kuitenkin kattaa niin suuren määrän erilaisia tulostinlaitteita aina laajan formaatin tulostimista tooneripohjaisiin arkkitulostimiin, että jo eri laitteiden väliset eroavuudet tiedon käsittelyssä, prosessinhallinnassa ja kuvien laatuvaatimuksissa ovat niin suuret, että standardisoiminen on hankalaa. Lisäksi digitaalinen tulostaminen on perinteisempiin painotapoihin nähden vielä varsin vähän kehitettyä, joten standardisoimista varten ei ole vielä tehty tarpeeksi aiheeseen liittyvää tutkimusta. [12.]

Offset-painamisessa käytettävää ISO 12647-2:2013 -standardia voidaan hyödyntää digitaalisessa tulostamistuotannossa. Standardi määrittelee muun muassa erilaisten paperityyppien väriarvoille tietyt tavoitearvot ja pisteenkasvukäyrän muodon. Standardia voidaan hyödyntää tooneripohjaisessa digitaalisessa tulostamisessa, jossa laitteen gamut ja käytettävät substraatit ovat samankaltaisia kuin offset-painamisessa. [13.]

ISO 12647-7:2007 on suoraan digitaalisesta aineistosta tulostettaessa käytettävä vedostusstandardi, jonka tarkoituksena on asettaa referenssit digitaaliselle painamiselle, kun sitä hyödynnetään toisen painotavan simuloinnissa. Standardi määrittelee digitaalisen

työnkulun ja värinhallinnan osalta tietyt tavoitearvot ennalta määritellyille väriarvoille. [14.]

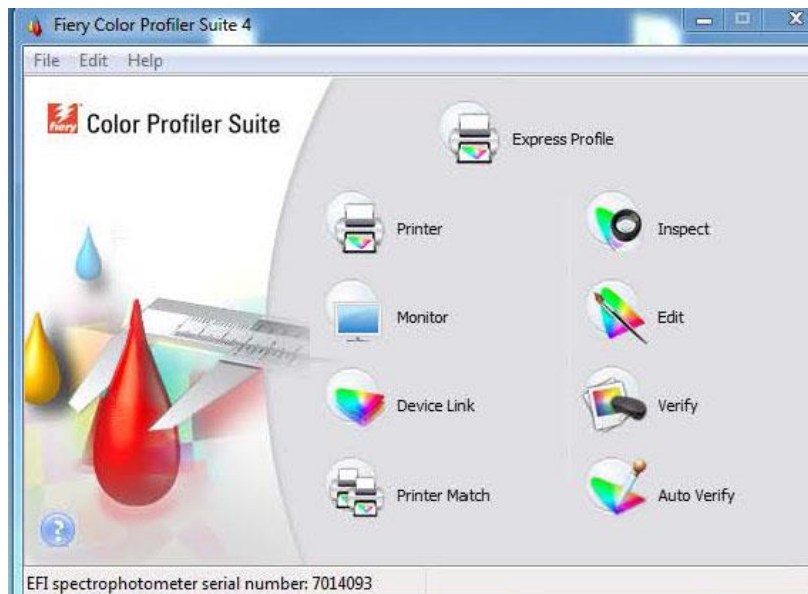
ISO 12647-8:2012 on digitaaliseen tulostamiseen käytettävä riippumaton tuotantostandardi, joka sisältää digitaalisen työnkulun prosessin hallinnan ja määrittelee tarkat laatu-kriteerit tulostamiselle. Se on pohjimmiltaan hyvin samanlainen ISO 12647-7 -standardin kanssa mutta värinhallinnallisesti sen toleranssiarvot ovat suuremmat. [15.]

ISO-standardien lisäksi digitaalisessa tulostamisessa voidaan hyödyntää myös muiden järjestöjen luomia laatusuosituksia ja laatuksiteerejä, jotka pohjautuvat edellä mainittuihin ISO-standardeihin. Tällainen laatusuosituksia luova järjestö on esimerkiksi saksalainen Fogra (Fogra Graphic Technology Research Association), joka on ollut vahvasti mukana kehittämässä värinhallintaa ja mukana myös ISO-standardien luonnissa. Fogran julkaisemat profiilit, kuten FOGRA39 ja FOGRA27, ovat käytössä ISO-standardeissa, ja niiden käyttöä suositellaan värihallitussa sisällöntuotannossa. [12; 17.]

Fogra on myös kehittänyt oman Fogra-PSD-sertifikaatin, jota voidaan hakea ISO 12647-7- ja ISO 12647-8 -standardeihin. Sertifikaatin avulla pyritään parantamaan tuotannon toimivuutta, vähentämään kustannuksia ja parantamaan painotuotteiden laatuominaisuuksia. Sertifikaatti asettaa painolle kuusi tavoitetta, joiden tulee täytyä: datan Preflight, PDF/X-luonti, ICC-profiilien käsittely, PDF/X-tulostus, Altona Test Suite V1 & V2 ja tarkkailuvälaistus. [17.]

4 Värinhallinnan työkalut

Painettaessa värinhallinnan tärkeimmät työkalut ovat värinhallintaohjelmistot ja tulostimen hallintaa ohjaavat RIP-ohjelmistot. Insinööriyön tilaajayrityksellä on käytössään Efin valmistama Fiery Color Profiler Suite 4.6 (CPS) -värinhallintaohjelmisto, jonka avulla hallitaan painokoneen ja monitorien väriprofiileja. Se on värinhallinnan sovellus, jonka avulla voidaan saavuttaa painotuotteen värinvalvonta kannalta optimitila ja ylläpitää tämä värinvalvonta läpi koko painoprosessin. Color Profiler Suite on monipuolinen työkalu, joka koostuu yhdeksästä moduulista (kuva 6), joista muutamat moduulit ovat pelkistettyjä ja automatisoituja versioita muista moduulien monimutkaisemmista työkaluista.



Kuva 6. Fiery Color Profiler Suiten työkalut [25].

4.1 Profilointityökalut

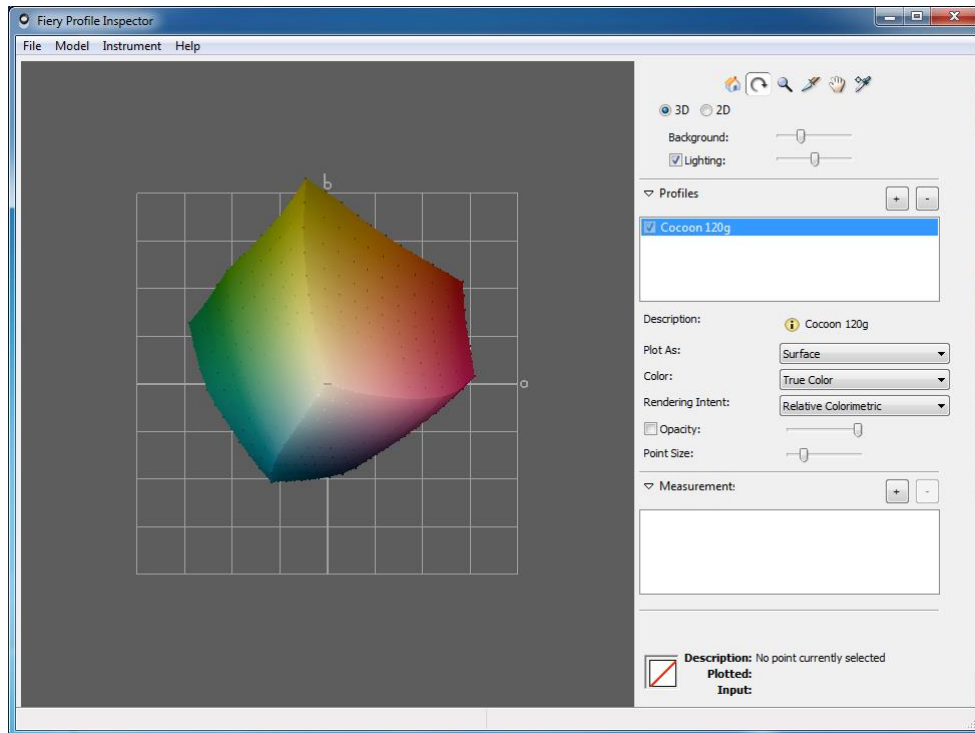
Painokoneen paperikohtaiset väriprofiilit luodaan Printer-työkalun avulla. Profiloitaessa tulostettavien värikenttien määrään voidaan vaikuttaa sekä profiloitaessa että kalibroitaessa. Oletuksena profiloinnille on 1 485 ja kalibroinnille 21 satunnaisesti generoitua värikenttää. Väritestikartat hyödyntävät eri valmistajien luomia standardeja. Lisäksi profiloitaessa voidaan tulostaa lämmittelysivuja aina kymmeneen arkkiin asti, ja usean profilointisarjan tulostaminen on mahdollista. Useasta profilointisarjasta voidaan laskea keskiarvoprofiili, joka antaa paremman kuvan profiilin toistoalueesta. Profiloitavia testikarttoja tulostettaessa tulee kaikki värinhallinta kytkeä pois päältä, jottei profilointia luoda väärin värinhallituista arvoista. Profilointisarjat mitataan spektrofotometrin avulla.

Visuaalista vertailua varten tuotantolaitoksella on oltava värintoistoltaan riittävän laadukkaita monitoreja, joihin voidaan silmämääräisesti verrata painotuotteiden vedostuksia. Näyttöjen profilointi ja kalibrointi voidaan tulostimen tapaan profiloida Color Profiler Suitella. Koska näyttöjen profilointi on tärkeä edellytys onnistuneelle värinhallinnalle ja näyttöjen värintoistot vaihtelevat todella paljon, ei laitevalmistajien luomiin omiin keskiarvoprofiileihin voi turvautua. CPS:lla monitorien profilointi voidaan suorittaa automatisoidusti tai manuaalisesti. Manuaalisesti profiloimalla käyttäjä saa itse säätää näytön luminanssia, gammaa ja valkoisen pisteen arvoa. Ohjelman suositusarvot näille parametreille ovat 120 cd/m², 2.2 ja 6500K. Nämä arvot ovat myös automatisoidun kalibroinnin

kohdearvot, joihin automatiikka pyrkii parhaansa mukaan pääsemään. Manuaalisessa kalibroinnissa käyttäjä säätää itse näytön omista asetuksista näytön ominaisuuksia tavoitearvoja vastaaviksi. Läheskään kaikki näytöt eivät ole riittävän laadukkaita toistoalaltaan tai säätömahdollisuuksiltaan, jotta manuaalinen profilointi onnistuisi. Tällöin automatisoitu profilointi on ainoa vaihtoehto. Profiloitu monitoriprofiili on syytä ottaa heti käyttöön, sillä vanha profiili ei ole enää näytön nykyisen värintoiston mukainen. [17, s. 34-39; 5, s. 23.]

Tilaaajayrityksessä näytöt profiloidaan automatisoidusti, sillä manuaaliprofiloinnilla profiilin epäonnistuminen on todennäköisempää. Lisäksi käsisäätö on työläämpää ja enemmän aikaa vievää, joten mahdollisesti hieman tarkemman lopputuloksen saamista ei koeta järkeväksi siihen kuluvaan aikaan nähden. Myöskään kaikki yrityksen näytöt eivät ole värintoisto-ominaisuuksiltaan riittäviä, jotta niiden profiloiminen manuaalisesti onnistuisi.

Luotuja profiileja voidaan tutkia ja vertailla kaksi- ja kolmiulotteisin mallein Lab-väriavaruudessa CPS:n Inspect-työkalulla. Se mahdollistaa jopa viiden eri värimallin vertailun keskenään yhtäaikaaisesti. Värimallien visuaaliseen havainnollistamiseen voidaan hyödyntää muun muassa koko värimallin pinta-alan kuviota tai vain pelkkiä gamutin reunoja. Myös näköistystapojen eroja voidaan vertailla toisiinsa. [17, s. 53–56.] Kuvassa 7 on esitettyä päällystämättömän 120g/m² Cocoon Offset 100 % -kierrätyspaperin värintoistoala 3D-mallina.



Kuva 7. Päälystämättömän 120 g/m² -kierrätyspaperin värimalli 3D:nä Lab-avaruudessa [25].

4.2 Device Link -profiili ja laitteiden välinen yhdysprofiili

Kahden tai useamman laitteen välille voidaan muodostaa yhtenevä värintoistoala Printer Matcher -moduulin avulla. Prosessissa laitteiden välille luodaan joko yhteinen kalibrointi ja profiili tai yhteinen suositusväritila. Yhteinen kalibrointi ja profiili onnistuvat vain saman mallin koneille. Kun koneiden kalibroitikäyrät ovat lähes identtiset, voidaan luoda kalibroinnille yhteiset tavoitearvot ja tulostusprofiili. Mikäli koneet eivät ole samaa mallia, voidaan niiden välille luoda vain yhdysavaruus. Se määrittelee kunkin koneen tulostusprofiilin väriavaruuden yhteisessä väriavaruudessa, mikä voidaan kaikilla koneilla saavuttaa. [17, s. 46–51.]

Tilaaajyrityksessä tätä työkalua ei olla hyödynnetty, sillä yhteinen profiili tarkoittaisi enemmän käytössä olevan paremman painokoneen värintoiston laskemista huonomman koneen tasolle. Lisäksi valtaosa yritykseen tulevista töistä on kooltaan sellaisia, ettei niitä tarvitse painaa kahdella koneella aikatauluissa pysymiseksi. [19.]

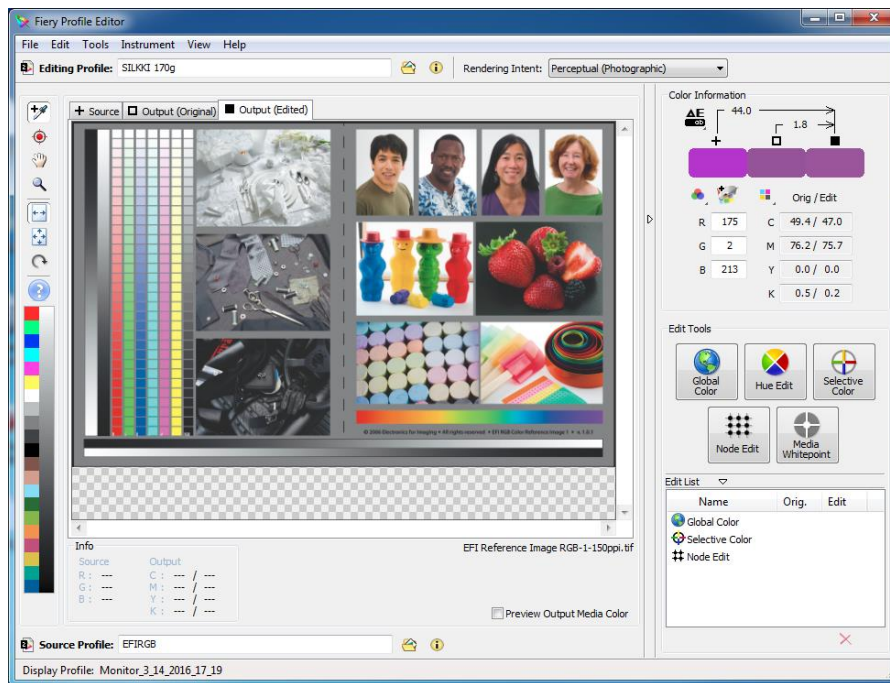
Värihallinnassa värihallintajärjestelmä muuntaa värit lähdeavaruudesta kohdeavaruuteen yhdysavaruuden avulla. Yhdysavaruutena toimii yleisesti CIEXYZ- tai CIELab-väriavaruus. Yhdysavaruuden käyttö voidaan kuitenkin kiertää käyttämällä Device Link -profiilia, joka muuntaa värit suoraan lähdeprofiilista kohdeprofiiliin. Yhteinen Device Link -profiili lasketaan profiilien välisistä värikentistä spektrofotometrin avulla. [17, s. 40–45.]

Device Link-profiileja on tilaajayrityksessä käytetty muutamissa töissä, joissa on huomioitu, että väripinta on ollut epätasainen, kun aineiston värikonversio on suoritettu yhdysavaruuden avulla CMYK-avaruudesta toiseen. Device Link -profiili vakauttaa värin-toistoa ja säilyttää 100 %:n mustan aina 100 %:n mustana sekä toistaa pää- ja sekundäri- värit (C M Y K ja CM CY MY) aina puhtaina. Device Link -profiilia voidaan hyödyntää vain kahden tietyn profiilin välillä, eikä se tue muita muunnostapoja, kuin mille se on luotu. [18.]

4.3 Profiilien muokkaus

Luotujen profiilien muokkaus on hyvin tarkkaa hienosäätämistä. Profilointi saattaa toisinaan jättää toivomisen varaa päävärien ääripäihin, jolloin kokonaan uuden profilointiprosessin sijaan profiilia voidaan muokata haluttuun suuntaan CPS:n Edit-työkalulla. Profiilia ei kuitenkaan voida säätää suuremmaksi, kuin se todellisuudessa on, vaan sävyjen säätö tehdään aina luodun gamutin sisällä.

Profiilien värisävyjä voidaan säätää yleisesti vaaleuden, kontrastin ja saturaation avulla, minkä lisäksi väriarvoille voidaan määritellä tarkat CMYK-arvot. Muokattavan profiilin vertaileminen onnistuu reaaliaikaisesti, joten testiarkkeja ei välttämättä tarvitse koko ajan tulostaa värien todentamiseksi. Toki tällöin monitoriprofiili simuloi painoprofiilia, joten säännöllisten testiarkkien tulostaminen on järkevää. Kuvassa kahdeksan on esiteltynä Edit-työkalun perusnäky.



Kuva 8. Edit-työkalun perusnäky [25].

Kolorimetrinen näköistystapojen valkoisen pisteen säätäminen onnistuu tällä työkalulla helposti. Eri profiileille ja eri näköistystavoille on tehtävä omat säätönsä, joten värien säätö vaatii oman aikansa.

Tilajayrityksessä on muutamaan otteeseen hyödynnetty tätä työkalua magentan osaväriin vähentämisessä, kun profiiliin tuottamat värit ovat olleet kauttaaltaan hieman liian punertavia. [18, s. 57–68.]

5 Lasertulostimen profilointi

Elektrofotografiaan perustuvaa tulostusta pidetään värien toistettavuuden kannalta epävaakana. Tulostusmenetelmässä laser kirjoittaa painettavan kuvan varaamalla sähköisesti orgaanisella fotojohteella päällystetyn kuvarummun. Kun kuvarumpu valotetaan, valo saaneet kohdat menettävät varauksensa ja rummulle muodostuu sähköisesti varattu kuvio. Painettava kuva saadaan syntymään, kun väriaine (toneri) siirretään rummulle. Tekniikan vuoksi väriin määrä painettaessa vaihtelee ja väriaine levittyy epätasaisesti paperin pinnalle. Nämä ongelmat ovat seurausta paino-olosuhteista. Paperin on oltava riittävän kostea, jotta se säilyttää staattisen sähköisyytensä. Lisäksi toneripohjaiset väriaineet tuottavat heikomman väritiheyden, kun värikasetti alkaa olla lopussa.

Näistä syistä elektrofotografiaan perustuvat painokoneet tarvitsevat usein kalibroimista, jotta tuotantolaatu pysyy korkeana. [5, s. 31.]

Tilaaajayrityksellä on käytössään Xeroxin vuoden 2014 loppupuolella markkinoille tullut Versant 2100 -digipainokone, jonka suositeltu tuotantomäärä on 75 000 – 250 000 sivua kuukaudessa ja optimoitu tulostusnopeus 100 sivua minuutissa. 2400 x 2400 dpi:n tarkkuus luo tasaiset väriliu'ut ja kompaktipinnat. Tämän lisäksi koneessa on Xeroxin kehittämä Ultra HD -resoluutionkäsittelytekniikka, jossa data voidaan lähettää RIP:lle 600 x 600 dpi:n ja 8-bittisyyden sijaan 1200 x 1200 dpi:n resoluutiolla ja 10-bittisenä. Siinä missä kahdeksalla bitillä on mahdollista saavuttaa värille 256 sävyä, voidaan kymmenellä bitillä tuottaa yhteensä 1 024 eri sävyä. Tämä näkyy erityisesti hyvin tuotettujen aineistojen kuvien tarkkuuksissa ja suurissa liukuväreissä. [21; 8, s. 52.]

Värihallinnan ja paperien kohdistamisen helpottamiseksi koneessa toimii myös Xeroxin kehittämä Full Width Array (FWA), joka koostuu Automated Color Quality Suitesta (ACQS) ja joukosta erilaisia kuvanlaatua parantavia ominaisuuksia. Koneen sisällä on koko paperin leveydeltä mittaavaa RGB-skanneri, jota FWA hyödyntää automaattiseen kalibrointiin ja kohdeprofiilien luontiin. RGB-skanneri mittaa värin lisäksi myös painovärin densiteettiä. FWA:n avulla voidaan kohdistaa automaattisesti eri paperityypit, minkä lisäksi se auttaa painomateriaalikohtaisissa sävykorjauksissa ja sähköjännitteiden säätämisessä sekä pyrkii ylläpitämään saman värintoiston läpi koko painoprosessin. Profilointiin ja kalibrointiin FWA tarvitsee aina RIP:ä – ohjelmaa, joka muuntaa painettavan tiedoston binääriseksi rasterikuvaksi tulostamista varten. Tilaaajayrityksellä RIP-ohjelmistona toimii Efin Fiery Command WorkStation 5 (CWS).

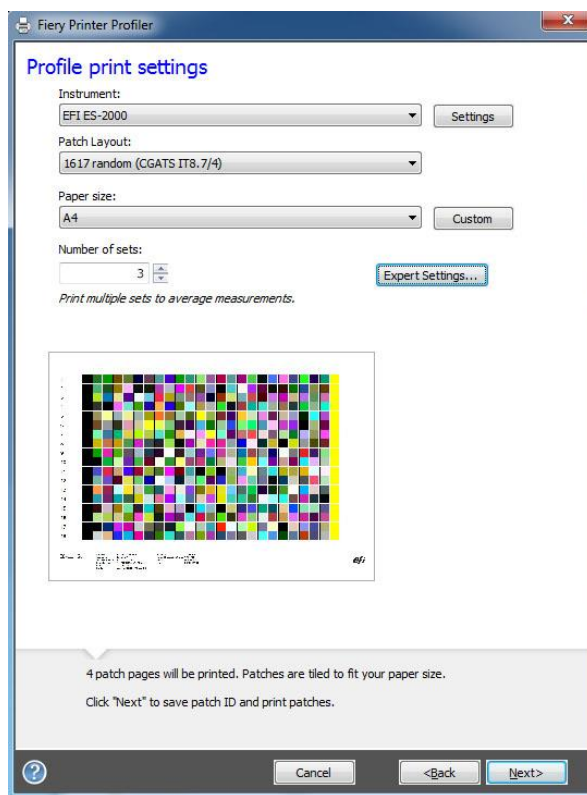
5.1 Profilointi Color Profiler Suitella

Tässä insinööriyössä profiloitavana paperina oli hiokkeeton täyspäälystetty taidepainopaperi LumiSilk 170g/m². Paperi on yksi tilaaajayrityksen käytetyimmistä paperityypeistä. Sen käyttökohteita ovat muun muassa erilaiset esitteet ja flyerit. Tämä paperi on myös useimmiten käytössä erilaisissa arkkitehtuurikilpailuissa, joten sen väriprofiilin oikein toiminen on erittäin tärkeää.

Värin mittaamiseen käytetään käsikäyttöistä Efi:n ES-2000-spektrofotometriä, joka mittaa valoa 380–730 nanometrin etäisyydeltä D50:n optimivalistuksella.

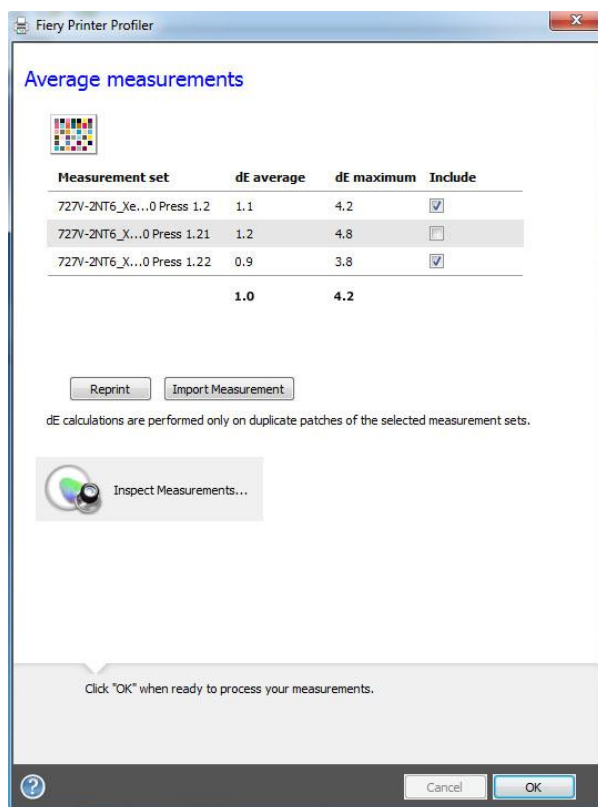
Pohja profiloinnille luodaan kalibroimalla laitteen värinanto. Oletuksena kalibroinnille on mittaus 34 värikentästä, mutta tätä insinööryötä varten tarkkuus halutaan nostaa 51 värikenttään, jotta spektrofotometrin ja RGB-skannerin välisille mittauksille saataisiin riittävästi eroa.

Värinannon kalibroinnin jälkeen luodaan profiloinnille asetukset (kuva 9). Mittaus tehdään CGATS IT8.7/4 -testikartasta, jossa on sekalaisessa järjestyksessä 1 617 värikenttää. Mahdollisuus laitevalmistajien käyttämiin 4 028 värikentän testikarttoihin on myös mahdollista, mutta niin laajojen värikarttojen käyttäminen ei käytännön tasolla ole järkevää.



Kuva 9. Color Profiler Suiten profilointiarkkien asetukset. Profiilia varten tulostetaan kolmet mitaussarjat [25].

Tulostetut testikartat luetaan spektrofotometrillä värikenttien osoittamassa järjestyksessä. Kolmen mittauksen tulokset ilmaistaan värien ΔE :n keski- ja maksimiarvoina. Mitatuista tuloksista voidaan valita lopulliseen profiiliin vain halutut mittaukset. Kuvasta 10 nähdään, että kolmesta mittauksesta keskimmäisen ΔE :n maksimi- ja keskiarvot poikkeavat kahdesta muusta mittauksesta sen verran, että sen sivuuttaminen profiilista on profiilin tasaisuuden kannalta järkevää.



Kuva 10. Color Profiler Suiten profiloinnin ΔE -mittaukset kolmesta eri profilointisarjasta [25].

Valmis profiili tallentuu RIP:lle tulostusprofiileihin ja on tämän jälkeen käytettävissä tulevissa painotöissä.

5.2 Profilointi Command WorkStationilla

Profilointi Command WorkStationin avulla on yksinkertaisempaa, automatisoidumpaa ja ennen kaikkea vähemmän aikaa vievää kuin Color Profiler Suitella. Painokoneen sisällä oleva Full Width Arrayn RGB-skanneri mittaa automaattisesti profiloitavat värikentät, joten käyttäjän tehtäväksi jää lähinnä vain seurata, ettei koneeseen tule häiriöitä prosessin aikana. Profiloitien kalibrointipohjana käytetään laitevalmistajan omia Coated 120 g/m²- ja Uncoated 90 g/m² -profiileja.

CPS-profiloinnin tapaan profiloitavana paperina toimii päällystetty LumiSilk 170g/m², joten profiloinnin pohjalla käytetään Coated 120 g/m² -profiilia. Aivan täysin automatisoitu FWA:n profiloititapa ei kuitenkaan ole, sillä ennen varsinaisia profiloitienttiä Full Width Arrayn RGB-skanneri kalibroidaan kunkin päävärin 21 porrassävyn kalibrointiarkista. Osavärit mitataan spektrofotometrillä (kuva 11).



Kuva 11. Full Width Arrayn linearisointiarkki ja EFI ES-2000 -spektrofotometri.

FWA:n avulla profiloitaessa testikarttaa ei voida valita eikä osavärien värikohtaista värimäärää voida säätää. Myöskään lämmittelyarkkien tai useammasta profilointisarjasta laskettavan keskiarvoprofiilin luominen ei onnistu. Kone laskee profiilin aina 920 väriken-
tätstä, jonka muokkaaminen vaatii aina Color Profiler Suitea.

5.3 Mittaustulokset

Profilointitapojen välinen ero profilointiprosessin ajankulussa ja mekaanisesti tehtävässä työssä on merkittävä. Lähes automatisoitu Full Width Arrayn RGB-skanneria hyödyntävä profilointi vaatii operaattorilta vain vähän tietotaitoa ja työaika. Profiloiminen tällä tavoin onnistuu lähes poikkeuksetta joka kerta, eikä sen läpivieminen vaadi mahdollisesti monimutkaisten asetusten läpikäymistä. Profiloinnin voi käytännössä suorittaa kuka tahansa.

Spektrofotometrillä mitattava profiili sen sijaan vaatii jonkin verran asian ymmärtämistä ja suhteellisen paljon aikaa. Varsinkin käsikäyttöisellä spektrofotometrillä suuren testikartan usean profilointisarjan läpikäyminen vaatii operaattorilta oman aikansa.



Kuva 12. Luotujen profiilien gamutien vertailu. Ulompi raja kuvaa spektrofotometrillä luotua profiilia, sisempi RGB-skannerilla luotua [25].

Profiilien väliset erot 2D- ja 3D-malleina eroavat jonkin verran toisistaan. Spektrofotometrillä luodun profiilin väriavaruus on lähes poikkeuksetta jokaisella värillä suurempi kuin RGB-skannerilla luodun, kuten kuvasta 12 voidaan havaita. Vain sinisen ääripäässä RGB-skannerilla luotu profiili saavuttaa suuremman toistoalan. Etenkin viher- ja punasävyiset värit toistuvat laajemmalla gamutilla spektrofotometrillä luodulla profiililla.

Taulukossa 1 on mitattuna luotujen profiilien Lab-arvoja gamutin äärireunoilla. Mittaukset tehtiin Ugra/Fogra Media Wedge 3.0 -testikiilasta spektrofotometrillä.

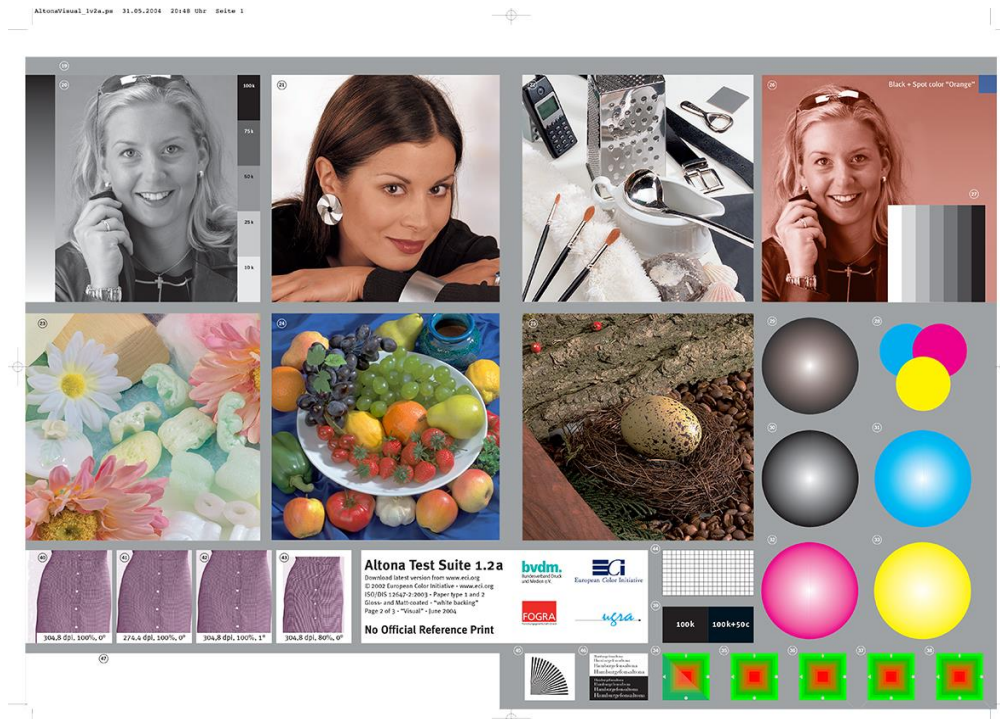
Taulukko 1. Luotujen profiilien Lab-arvoja verrattuina ISO-standardin Fogra39 -profiiliin.

FOGRA_39L EFI			Color Profiler Suite -profiili				Command WorkStation -profiili			
L	a	b	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
89,00	-4,98	92,98	86,94	-4,92	90,45	3,26	87,91	-5,11	85,92	7,14
71,32	22,02	73,17	70,06	23,15	67,14	6,27	72,42	20,82	67,28	6,11
47,00	68,02	47,96	49,27	71,52	44,08	3,82	49,73	64,40	43,84	6,01
47,74	71,24	16,16	44,43	74,28	15,04	4,63	49,73	68,97	14,48	3,45
47,99	74,02	-2,99	46,32	74,99	-3,74	2,07	50,77	70,53	-3,72	4,52
38,04	55,50	-20,88	40,25	54,03	-20,87	2,65	43,14	53,24	-19,54	5,74
24,00	22,05	-46,01	26,71	19,94	-44,19	3,89	30,10	16,56	-44,39	8,39
43,38	-17,12	-48,65	43,45	-16,72	-49,80	1,22	45,44	-17,79	-51,28	3,41
55,00	-37,00	-50,00	53,84	-33,85	-50,12	3,36	55,39	-32,50	-49,74	4,52
52,34	-52,26	-20,30	50,06	-53,25	-18,74	2,93	53,65	-46,77	-22,26	5,97
50,00	-64,96	27,00	48,67	-65,90	30,36	3,73	52,14	-59,74	22,85	7,00
73,73	-22,74	67,70	73,84	-21,57	62,41	5,42	76,63	-19,20	64,25	5,73

Taulukosta ja profiilien väriavaruusmalleista nähdään, että spektrofotometrillä luotu profiili on mittaustulokseltaan tarkempi kuin RGB-skannerilla luotu profiili. Taulukon ΔE -arvot spektrofotometrillä mitattaessa ovat lähes kauttaaltaan pienemmät kuin skannerilla, ja täten lähempänä standardin arvoja. Tästä voidaan päätellä, että spektrofotometri mittaa väriä tarkemmin kuin RGB-skanneri.

5.4 Visuaalinen vertailu

Vaikka spektrofotometrillä luotu profiili on avaruudeltaan suurempi, se ei tarkoita, että RGB-skannerilla luotu profiili olisi käyttökelpoton sen rinnalla. Profiilien välistä eroa ei välttämättä erota käytännön töissä, joten insinööriyötä varten molemmilla profiileilla tulostettiin Altonan Test Suite 1.2. -testiarkit ja erilaisia asiakastöitä visuaalisen vertailun saavuttamiseksi. Altonan Test Suite 1.2.a on ECI:n (European Color Initiative) kehittämä ISO-standardiin perustuva testiarkki, jota voidaan tarkastella visuaalisesti. Erilaisten testikuvien lisäksi se sisältää Ugra/Fogra Media Wedge -laadunvalvontakiilan, josta voidaan mitata, täyttääkö vedos ISO-standardin vaatimat tavoitearvot (kuva 13).



Kuva 13. Altona Test Suite 1.2 -testiarkki.

Vertailtavat testikuvat tulostettiin luoduilla profiileilla, ja niitä arvioitiin yrityksen tuotannon tiloissa normaalivalaistuksessa. Arviointiin osallistui kaksi tuotannon työntekijää.

Rinnakkain vertailtaessa Altona Test Suiten testikuvista oli huomattavissa, että spektrofotometrillä luodun profiilin dynamiikka oli hieman suurempi. RGB-skannerilla luodun profiilin testikuvat olivat yleiseltä värintoistoltaan latteampia, eikä kuvissa ollut syvyyttä. Etenkin ihonvärit ja harmaan sävyt toistuivat luonnollisemmin spektrofotometrillä luodulla profiililla, minkä lisäksi kuvissa oli hieman syvempi kontrasti. RGB-skannerilla luodun profiilin testikuva oli kauttaaltaan hieman punertavampi. Nämä erot olivat rinnakkain vertailtaessa huomattavissa tarkemmassa tarkastelussa. Ensi reaktio kummallakin tarkastelijalla kuitenkin oli, että erot ovat melko pieniä ja ilman rinnakkain asettelua ei kuvissa olisi eroa välttämättä havainnut.

Vertailuun valittiin myös muutamia erilaisia asiakastöitä. Valinnoissa huomio kiinnittyi töiden erilaisuuteen. Haluttiin saavuttaa selvä ero profiilien välisissä värialoissa, joten vertailukuvina käytettiin muun muassa liukuvärejä, erisävyisiä punaisia ja sekä väri- että mustavalkoisia valokuvia sisältäviä töitä. Osa aineistosta oli tuotettu ilman hallittua värihallintaa ja osa käytti profiilinaan Fogra27- tai Fogra39-väriprofiilia. Töitä tulostettiin

kutakin muutamat sarjat, jotta voitiin todeta painokoneen värivakauden olevan kohdallaan.

Rinnakkain vertailtaessa havaittiin, että useimpien liukuvärien tummimmissa päissä tummin sävyarvo oli hieman haaleampi RGB-skannerilla luodulla profiililla kuin spektrofotometriä hyödyntäneellä profiililla. Etenkin tummanvihreästä tummansiniseen muuttuvassa taustavärissä tulosteiden molemmat ääripäät olivat huomattavan erisävyiset eri profiileilla. Sävy- ja mustavalkokuvissa havaittiin samat eroavaisuudet kuin Altona Test Suiten testikuvissa. RGB-skannerilla luodun profiilin kuvat olivat dynamiikaltaan latteampia ja kontrastiltaan loivempia. Lisäksi samat punertavuuden vivahteet tulivat esille myös näissä vertailutulosteissa.

Sekä visuaalinen vertailu että mittaustulokset kertoivat molemmat spektrofotometrillä luodun profiilin olevan laajempi ja käyttökelpoisempi kuin RGB-skannerilla luotu. Varsinkin rinnakkain vertailtaessa profiilien väliset erot tulivat esille.

6 Standardointi Color Profiler Suitella

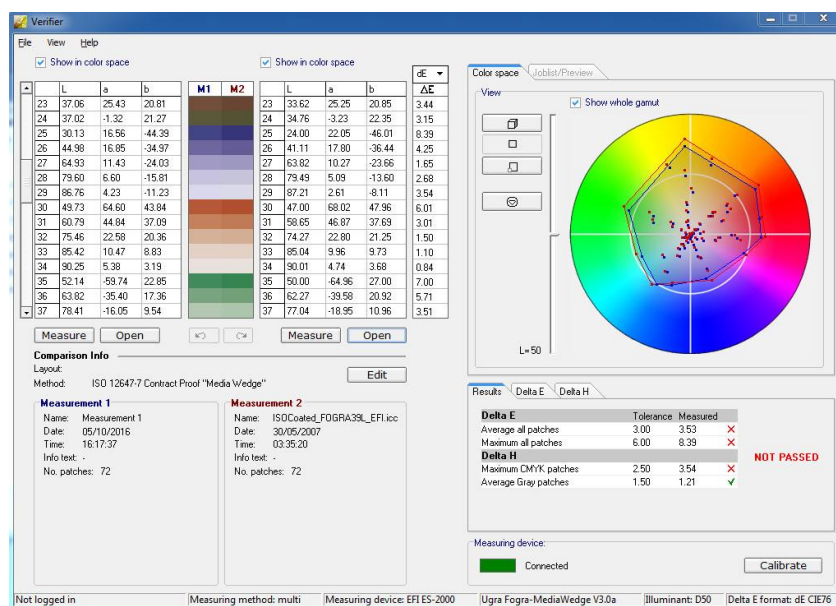
Väriprofiilien sovittamista painostandardiin voidaan todentaa Color Profiler Suiten Verify-työkalun avulla. Väriarvojen toleranssit määritellään erilaisten standardien mittaustulosten avulla. Tässä insinööriyössä väriprofiileja verrattiin painoalan ISO 12647-7- ja ISO 12647-8 -standardeihin. Työn tarkoituksena oli tarkastella luotujen toistoalojen standardikelpoisuutta mutta ei luoda profiilia vain standardia varten.

Xerox takaa omassa myyntiesitteessään tuotantolaitteidensa olevan kolmansien osapuolisten yritysten tarkastelussa ja sertifiointissa riittävän laadukkaita saavuttamaan ISO-standardin vaatimukset. Xerox tarjoaa myös Fogran laaduntarkkailijan esittämää käyttökoulutusta, jossa painokone saatetaan ISO 12647-8 -standardin läpäiseväksi ja miten yritys voi ylläpitää standardin asettamat tavoitearvot. [24.]

Profiilien sovittaminen tehdään vertailemalla luoduilla profiileilla tulostettuja Efin Ugra/Fogra Media Wedge 3.0 -kiiloja ISOCOated Fogra 39 -profiilin vastaaviin tunnettuihin väriarvoihin. Ugra/Fogra Media Wedge 3.0 koostuu 72 värikentästä, jotka sisältävät muun muassa C M Y -arvoille eri prosentuaaliset väriarvot ja päällepainatuksen mustan

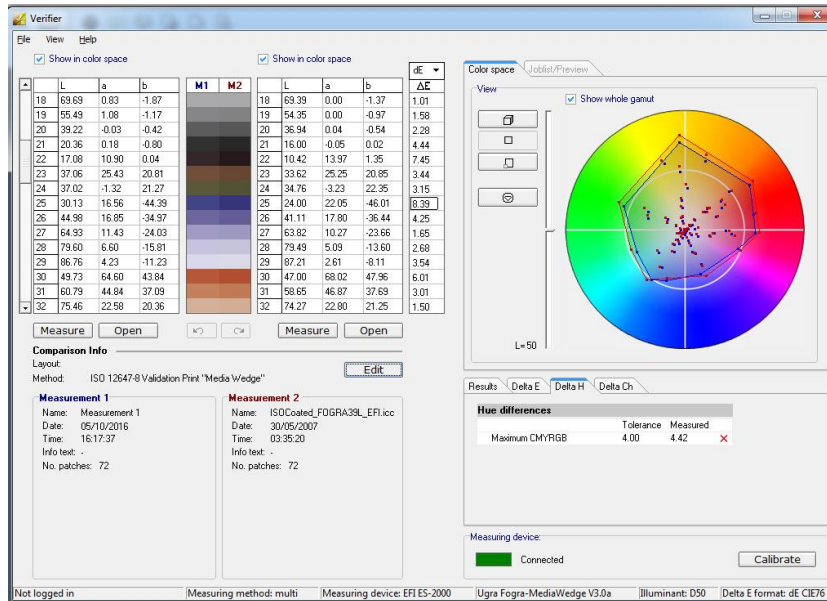
värisävyä kullekin osaväriille. Testikiila on standardikelpoinen. Mittaukset suoritettiin spektrofotometrin avulla.

Kuvista 14 ja 15 nähdään, ettei FWA:n RGB-skanneria hyödyntävä CWS-väriprofiili saavuta kummankaan standardin toleranssiarvoja. ISO 12647-7 -standardiin nähden väriprofiilin ΔE :n keski- ja maksimiarvo jäävät vaaditusta. Myöskään syaanin osavärin kohdalla väriprofiilin värisävy ei saavuta asetettuja arvoja.



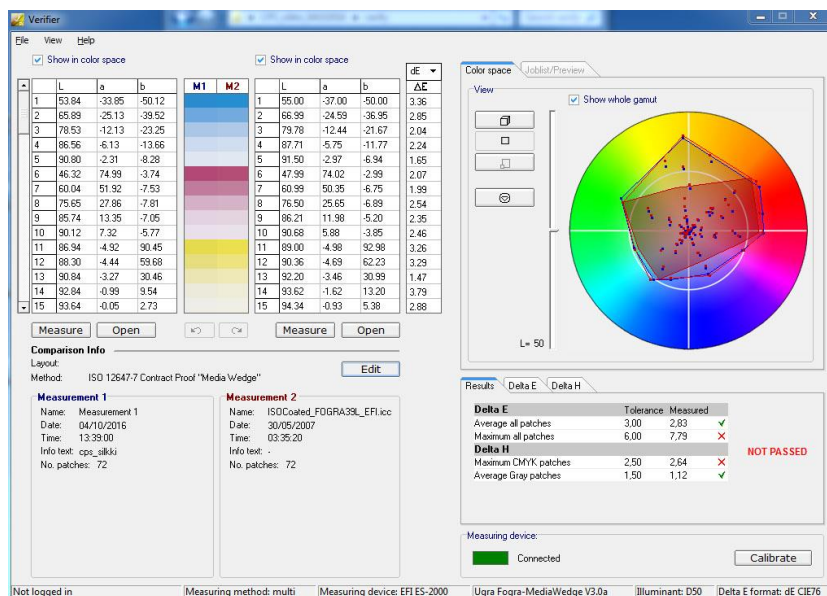
Kuva 14. RGB-skannerilla luodun profiilin vertailu ISO 12647-7 -standardiin [25].

Profiilien välisistä mittauksista (taulukko 1, s. 23) on havaittavissa, että RGB-skannerilla luodun profiilin ΔE -arvot ovat paikoitellen todella suuret. Näin ollen ei ole yllättävää, ettei profiili tavoita edes toleranssiarvoiltaan löyhemmän ISO 12647-8:n vaatimuksia. ΔE -arvojen lisäksi ongelmia tuottaa päällekkäin painettujen värien maksimivärisävy. Toleranssiarvot ylittyvät reilusti. RGB-skannerilla luotu profiili ei siis ole ISO-standardikelpoinen.



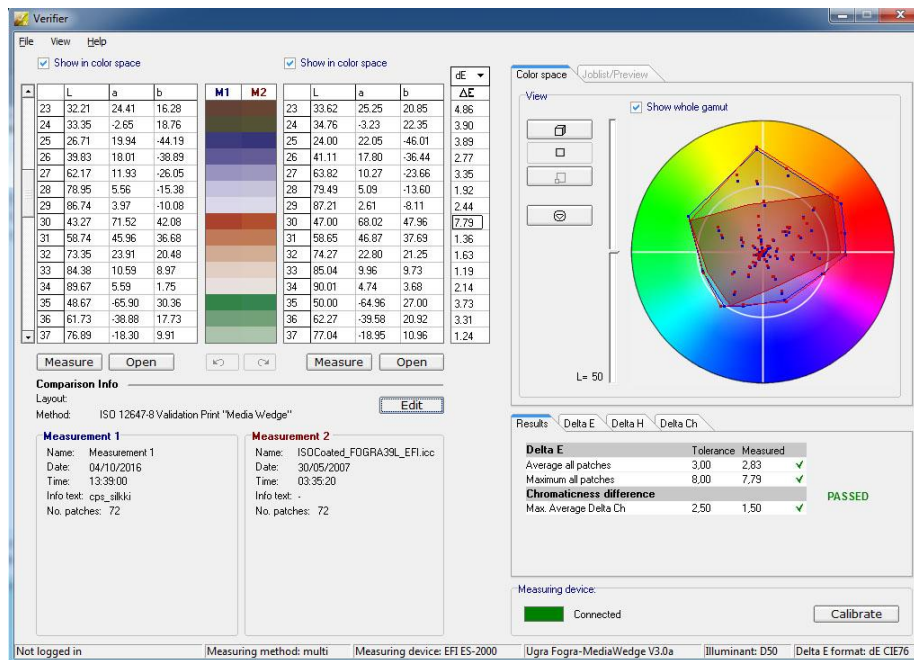
Kuva 15. RGB-skannerilla luodun profiilin vertailu ISO 12647-8 -standardiin [25].

Spektrofotometriä hyödyntävä CPS:lla luotu väriprofiili oli visuaalisessa tarkastelussa suurempi ja sen gamut osoittautui vertailussa laajemmaksi, joten sen standardikelpoisuus on RGB-skanneriin verrattuna todennäköisempää. Kuvasta 16 nähdään, että profiili ei kuitenkaan saavuta ISO 12647-7 -standardia, sillä sen värien maksimaaliset ΔE -arvot ovat liian korkeat. Myöskään kaikkien osavärien päällepainatuksessa sen värisävyt eivät tuota vedostusstandardin vaatimaa tasoa.



Kuva 16. Spektrofotometrillä luodun profiilin vertailu ISO 12647-7 -standardiin [25].

Spektrofotometrillä luodun profiilin poikkeama ISO 12647-7 -standardista ei ole kovin suuri, joten ΔE -toleransseiltaan suuremman ISO 12647-8 -standardin profiili saavuttaa (kuva 17).



Kuva 17. Spektrofotometrillä luodun profiilin vertailu ISO 12647-8 -standardiin. Profiili saavuttaa standardin asettamat tavoitearvot ja on näin ollen standardikelpoinen [25].

ΔE -keskiarvo läpi mittauksen on reilusti alle vaaditun 3,00:n. ΔE :n maksimiarvot ovat pääpiirteittäin alle 5,00 mutta magentan ja keltaisen välimaastossa oleva tummanruskea tuottaa arvon 7,79, kun toleranssi on 8,00. Samainen arvo on myös yksi syy siihen, miksi profiili ei läpäise vedostusstandardin vaatimuksia. ISO 12647-7 -standardissa värien maksimi- ΔE ei saa ylittää arvoa 6,00.

7 Tulosten tarkastelu

Vertailujen perusteella havaittiin, että sekä mitatuilta arvoiltaan että visuaalisessa vertailussa spektrofotometrillä luotu profiili oli laadukkaampi kuin RGB-skannerilla luotu profiili. Tämä oli ennen insinööriytötä jo vahvasti oletettua, mutta mittaukset osoittivat tämän todeksi. Full Width Arrayn RGB-skanneria ei ole luotu korvaamaan spektrofotometriä värihallinnan työkaluna vaan tarjoamaan käyttäjälle mahdollisuus automatisoidumpaan värihallinnan ylläpitoon. Käytännössä kuka vain voi käyttää Command WorkStationin

automatisoitua profilointia, jossa käyttäjän ei tarvitse perehtyä laitteen värinannon ominaisuuksiin kovinkaan syvällisesti. Mikäli käyttäjä haluaa syventyä profilointiin tarkemmin ja hyödyntää painokoneen värintoistokykyä mahdollisimman laajalti, tarvitsee siihen hän spektrofotometriä ja Color Profiler Suitea tai muuta värinhallinnan työkalua.

Spektrofotometrillä luodun profiilin sopimattomuus ISO 12647-7 -vedostusstandardiin sen sijaan oli pieni yllätys. Versant 2100 -painokoneen pitäisi olla ominaisuuksiltaan markkinoiden parhaimmistoa omassa tuotantomäärätarkoituksessaan, joten ainakaan koneen värintoisto-ominaisuuksista sopimattomuuden ei pitäisi johtua. Sopimattomuusongelmat voivat sen sijaan johtua esimerkiksi painokoneen senhetkisestä tilasta tai profiloinnin ja mittauksien välisestä ajasta. Mittaukset tehtiin vasta muutama päivä profiloinnin jälkeen, joten siinä välissä tulostetut työt ovat saattaneet vaikuttaa mittausarvoihin. Koneen eri kulutusosien, kuten tonerikasettien ja värirumpujen, käyttökunnolla on voinut myös olla vaikutusta mittauksien tuloksiin.

Ennen insinööriyötä yrityksellä oli käytössään vain RGB-skannerilla luotuja profiileja. Näiden profiilien käyttöön oli päädytty käyttökoulutuksen kouluttajan ja painokoneen operaattorin yhteisymmärryksessä. RGB-skannerilla luotujen profiilien vaivattomuus ja riittäväksi koettu toistokyky olivat seikkoja, joiden vuoksi mittalaitteella ei ollut ennestään luotu muuta kuin testiprofiileja. Insinööriyön mittaukset ja visuaaliset vertailut kuitenkin osoittavat, että mittalaitteella luodun profiilin toistokyvyn laajuus on huomattavissa rinnakkain vertailtaessa. Insinööriyön tuloksena yrityksessä aiotaan lähitulevaisuudessa luoda käytössä oleville eri pintaominaisuudet omaaville paperityypeille omat väriprofiilit mittalaitteen avulla. Myös laitteen kalibrointi aiotaan jatkossa hoitaa RGB-skannerin sijaan spektrofotometrillä. Paperityyppikohtaiset profiloinnit ovat aikaa vieviä, joten yrityksen on varattava aikaa tälle prosessille. Uusia paperityyppikohtaisia profilointeja tosin ei tarvitse luoda kovinkaan usein. Tarkemmat väriprofiilit kuitenkin takaavat tarkemman värien toiston, joka kohentaa painolaatua ja vähentää väreistä johtuvia reklamaatioita.

8 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli verrata keskenään mittalaitteella ja RGB-skannerilla luotujen väriprofiilien toistokykyjä. Yrityksessä, jolle työ tehtiin, oli havahduttu siihen, että uudella painokoneella olisi mahdollista tuottaa vieläkin parempaa painojälkeä, kuin mitä se automatisoiduilla RGB-skannerilla luoduilla väriprofiileilla on tähän asti tuottanut.

Painotuotteen värivastaavuus sen tuotantoprosessin alku- ja loppupäässä sisältää monenlaisia muuttuvia tekijöitä. Aineisto tuotetaan useimmiten RGB-väriavaruutta käyttävällä näyttöpäätteellä, ja sen lopullinen muoto tulee painokoneesta ulos CMYK-avaruuteen muunnettuna. Tässä välissä ehtii värinhallinnallisesti tapahtua paljon. Jotta alku- ja lopputuotteen värisävyt toistuisivat mahdollisimman samansävyisinä, täytyy aineiston kulkea hallitusti läpi värinhallintaprosessin. Värinhallinnassa tärkeitä tekijöitä ovat laitteiden kalibroinnit ja profiloinnit sekä erilaiset väriprofiilit.

Työssä luotiin molemmilla profilointitekniikoilla väriprofiilit samalle LumiSilk 170 g/m² -taidepainopaperille. Luotuja profiileja vertailtiin keskenään silmämääräisesti ja mittalaitteen avulla.

Luotujen profiilien välisistä mittauksista saatu tulos kertoi mittalaitteella luodun profiilin saavuttavan toistoalaltaan suuremman gamutin kuin RGB-skannerilla luodulla profiililla. Sekä visuaaliset vertailut että mittalaitteella tehdyt mittaustulokset osoittivat, että RGB-skannerilla luodun profiilin testikuvat olivat yleisiltä sävyiltään hieman punertavampia, dynamiikoiltaan latteampia ja kontrasteiltaan loivempia kuin mittalaitetta hyödyntävän profiilin testikuvat. RGB-skannerilla luotu profiili ei myöskään saavuttanut mittauservoiltaan kumpaakaan digitaaliseen tulostamiseen käytettävää ISO-standardia. Mittalaitteella luotu profiili sen sijaan läpäisi ISO 12647-8 -standardin vaatimukset.

Insinööriyön tuloksena yrityksessä aiotaan lähitulevaisuudessa profiloida eri pintaominaisuuksiset paperityypit vain mittalaitetta käyttäen. RGB-skannerilla luotuja profiileja voidaan jatkossa käyttää varalla ja testikäytössä, esimerkiksi uuden paperityypin värin-toistoa vedostettaessa.

Lähteet

- 1 Fraser, Bruce; Murphy, Chris & Bunting Fred. 2004. Värihallinta. Helsinki: Edita Prima.
- 2 Effects of temperature and humidity on paper. 2015. Verkkodokumentti. Printing industries of America. <<http://www.printing.org/Effects-of-Temperature-and-Humidity-on-Paper>> Luettu 10.3.2016.
- 3 Viluksela, Pentti; Ristimäki, Seija & Spännäri, Toni. 2007. Painoviestinnän tekniikka. Helsinki: Opetushallitus.
- 4 King, C. James. 2002. Why Color Management? Verkkodokumentti. Adobe Systems. <<http://www.color.org/whycolormanagement.pdf>> Luettu 16.3.2016.
- 5 Peltonen, Sirja. 2007. Väriopas. Malmö: Arena.
- 6 Johansson, Kaj; Lundberg, Peter & Ryber, Robert. 2006. Grafisk Kokbok 3.0 guiden till grafisk produktion. Malmö: Bokförlaget Arena.
- 7 Acrobat / Värihallinnan toiminta. 2009. Verkkodokumentti. Adobe. <http://help.adobe.com/fi_FI/acrobat/using/WS7dd5c1363434bb705ef7070413076c37057-7fff.html> Luettu 15.3.2016.
- 8 Lehtonen, Eero; Mattila, Pentti; Veilo, Petri & Raninen, Tarja. 2003. Digitaalinen painoviestintä. Helsinki: WSOY.
- 9 Sumiloff, Lasse. 2000. Graafisen suunnittelijan teknologia. Helsinki: Opetushallitus.
- 10 Wavelength of light. 2008. Verkkodokumentti. Stremmer-Imaging. <<http://www.stemmer-imaging.co.uk/en/knowledge-base/wavelength-of-light/>>. Luettu 26.3.2016.
- 11 Color & Quality. 2008. Käyttöopas. Heidelberg. Saksa.
- 12 Kraushaar, Andreas. Fogra PSD – The ISO-standard for digital production printing. Verkkodokumentti. Fogra. <<http://www.fogra.org/index.php?menuid=48&downloadid=122&reporeid=197>>. Luettu 20.3.2016.
- 13 Sandstand, Baard. 2010. Can ISO 12647 be used for digital printing? Verkkodokumentti. Optirep. <<http://www.optirep.net/12647-digital-printing/>> Luettu 20.3.2016.

- 14 ISO 12647-7:2007, Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 7: Proofing processes working directly from digital data. The International Organization for Standardization.
- 15 ISO 12647-8:2012, Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints – Part 8: Validation print processes working directly from digital data. The International Organization for Standardization.
- 16 Kraushaar, Andreas. Fogra PSD – Prozess Standard Digital. Verkkodokumentti. Fogra. <<http://www.fogra.org/index.php?menuid=388&downloadid=265&repo-reid=264>>. Luettu 20.3.2016.
- 17 Fiery Color Profiler Suite. 2015. Käyttöopas. Efi.
- 18 The Power of Device Link Profiles. 2015. Verkkodokumentti. Printing Industries of America. <<http://www.printing.org/page/9736>>. Luettu 26.3.2016.
- 19 Painokoneen käyttökoulutus. Insinööriyön asiakasyritys, Helsinki. 20.5.2015.
- 20 Fiery Command WorkStation. 2015. Käyttöopas. Efi.
- 21 Xerox's Newest Press Delivers More Ways To Win With Print. 2014. Verkkodokumentti. Xerox. <<http://news.xerox.com/news/Xerox-Versant-2100-Press-Delivers-More-Ways-to-Win-with-Print>>. Luettu 14.3.2016.
- 22 Do you know the whole story? Automated Color Quality Suite. 2011. Verkkodokumentti. Xerox. <<http://www.xerox.com/digital-printing/latest/PSGBR-08U.pdf>>. Luettu 14.3.2016.
- 23 Image Sensor. Verkkodokumentti. Xerox. <<http://www.xeroxtechnology.com/xt.nsf/p02?readform&unid=899F405139639C8C852577200062A95F>>. Luettu 26.3.2016.
- 24 Xerox Confident Color. Verkkodokumentti. Xerox. <<https://www.xerox.com/digital-printing/latest/PSGBR-07U.pdf>>. Luettu 25.10.2016.
- 25 Fiery Color Profiler Suite. RIP-ohjelmisto. Efi.