

Heini Ristell

Painoväarin optimointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

5.4.2016

Tekijä Otsikko	Heini Ristell Painovärin optimointi
Sivumäärä Aika	36 sivua 5.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Graafinen tekniikka
Ohjaaja	Yliopettaja Pentti Viluksela
<p>Insinööriyössä selvitettiin, miten valkoisena painoväripigmenttinä käytettävää titaanioksidia voisi korvata. Titaanioksidi on laadukas pigmentti, mutta se on kallis. Tarkoituksena oli testata yritys X:n erilaisia painoväripigmenttejä ja selvittää, voisiko niillä korvata osaa titaanioksidista.</p> <p>Testaus koostui kolmesta osasta, joissa jokaisessa testattiin yritys X:n pigmenttiä. Testin ensimmäisessä osassa pigmentti 1:stä tehtiin kaksi testiä: ensimmäisessä testattiin, miten pigmentti toimisi valkoisen värin taustapainatukseen, ja toisessa testattiin pigmentin sopivuutta pintapainatukseen. Toinen osa oli vesipohjaisille väreille tarkoitettu pigmentti 2:n testaus. Näistä kahdesta pigmentistä valmistettiin kolmea erilaista painoväriä. Tämän lisäksi valmistettiin kolme erilaista painoväriä, joissa pigmenttinä toimi titaanioksidi. Jokaista painoväriä sekoitettiin titaanioksidipainovärin kanssa eri suhteilla. Näytteitä tehtiin yhteensä 21. Testin kolmannessa osassa testattiin pigmentti 3:n toimivuutta sinisessä värissä. Tässä testissä sekoitettiin pigmenttiä, sinistä pastaa ja valmista vernissaa keskenään ja tehtiin 9 erilaista näytettä.</p> <p>Testauksessa kävi selväksi, että testin pigmentit eivät ole yhtä laadukkaita kuin titaanioksidi. Jos yritys haluaa vähentää kustannuksia, voi osan titaanioksidista korvata esimerkiksi testin painoväripigmenteillä. Titaanioksidia ei pidä kuitenkaan korvata kokonaan: painovärin laadun säilyttämiseksi titaanioksidia ei kannata korvata yli 20 %:a.</p> <p>Insinööriyössä selvitettiin myös painoteollisuuden tulevaisuuden näkymiä. Tutkimuksessa selvisi, että painoteollisuuden tulevaisuus on hyvin selkeästi pakkauspainatuksessa. Jos painoalan yritykset haluavat pärjätä tulevaisuudessa, niiden tulee panostaa selkeästi painomenetelmiin, joilla pakkauspainatus on kannattavaa.</p>	
Avainsanat	painoväri, painoväripigmentti

Author Title	Heini Ristell Optimization of printing ink
Number of Pages Date	36 pages 5 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Graphic Technology
Instructors	Pentti Viluksela, Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to examine how titanium dioxide could be replaced. Titanium dioxide is a high quality white printing ink pigment, which unfortunately is very expensive. The aim was to test different printing ink pigments of a company and to find out whether they could replace part of titanium dioxide.</p> <p>Testing consisted of three parts. A different pigment was tested in each part. In the first part, test two tests were carried out on pigment 1. First, it was tested how the pigment would work in reverse lamination. After that the same pigment was tested for surface printing. The second part was the test of pigment 2 that is meant for water based inks. Three different inks were made from these two pigments. In addition, three other inks were made using titanium dioxide as a pigment. Each of the inks was mixed with titanium dioxide ink in different ratios. 21 samples were made. In the third part of the test, the functionality of pigment 3 was tested in a blue color.</p> <p>It became clear that titanium dioxide has a better quality than the tested pigments. If a company wants to reduce costs, a part of titanium dioxide can be replaced for example with the pigments that were tested here. However, titanium dioxide cannot be replaced completely. In order to preserve the quality of the ink, no more than 20 % of titanium dioxide should be replaced with other pigments.</p> <p>The thesis also dealt with the future of the printing industry. The study showed, that the future of the printing industry is relying heavily on package printing. If the printing industry companies want to have a bright future, they will have to invest in printing technology in which package printing is profitable.</p>	
Keywords	printing ink, printing ink pigment

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Painovärit	2
2.1	Koostumus	2
2.2	Valmistusprosessi	6
2.3	Ominaisuudet	7
2.4	Flekso- ja syväpainotekniikka ja niiden painovärit	11
3	Painoteollisuuden markkinat	15
3.1	Painoteollisuuden tulevaisuus	16
3.2	Globaali painoväriteollisuus	19
3.3	Painoväripigmentit	21
4	Pigmenttien testaus	22
4.1	Testiväri 1 - Pigmentti 1 taustapainatukseen	23
4.2	Testiväri 2 - Pigmentti 1 pintapainamiseen	23
4.3	Testiväri 3 – Pigmentti 2	24
4.4	Testiväri 4 – Pigmentti 3	25
5	Tulokset ja päätelmät	26
5.1	Testiväri 1 – Pigmentti 1 taustapainatukseen	26
5.2	Testiväri 2 – Pigmentti 1 pintapainatukseen	28
5.3	Testiväri 3 – Pigmentti 2	30
5.4	Testiväri 4 – Pigmentti 3	31
6	Yhteenveto	34
	Lähteet	35

Lyhenteet

UV-väri	Painoväri, joka kuivuu UV-säteilyn avulla
CMYK	Nelivärisen painoprosessin osavärit. C = cyan, syaaninsininen, M = magenta, magentanpunainen, Y = yellow, keltainen ja K = key, musta.
CIELab	Väriavaruusstandardi, joka perustuu ihmisen värien hahmotuskykyyn. L on värin kirkkaus eli luminanssi, a on värin sijainti väriavaruudessa puna-vihreäasteikolla ja b on värin sijainti väriavaruudessa sininen-keltainen-asteikolla.
RFID	Radio Frequency Identification. Radiotaajuinen etätunnistusmenetelmä tiedon etälukuun ja tallentamiseen.
CAGR	Compound Annual Growth Rate eli kertyvä vuotuinen kasvuprosentti.

1 Johdanto

Painoalan tulevaisuuden nähdään olevan pakkauspainatuksessa. Muiden painotuotteiden osuudet laskevat koko ajan, mutta pakkauspainatus jatkaa kasvua uusien tuotteiden myötä. Painoalan, niin painovärien valmistajien kuin painotalojen, on mukauduttava uuteen markkinatilanteeseen muuttamalla omia toimintatapoja ja tuotteitaan. Kustannustehokkuus on isossa osassa kilpailevilla markkinoilla: tuotteet hankitaan sieltä, mistä ne saadaan hyvänlaatuisina ja mahdollisimman halvalla.

Insinööriyön tarkoituksena on tutustua painoväreihin ja niiden valmistukseen sekä testata painoväripigmenttejä. Titaanidioksidi on yleisin valkoisen painoväripigmentin lähde. Pigmentti on laadukasta, mutta kallista. Tarkoituksena on selvittää, miten titaanidioksia voisi korvata. Toimeksiantajana on painoväripigmenttejä valmistava yritys, jota tässä työssä kutsutaan yritys X:ksi. Testaus tehdään yhteistyössä painovärejä valmistavan yrityksen kanssa, jota kutsutaan tässä työssä yritys Y:ksi. Pakkauspainatuksessa käytettävät flekso- ja syväpainomenetelmät valittiin työn pääpainoksi määrittelypalaverissa yritys X:n ja yritys Y:n kanssa.

Pigmenttien testaukseen kuuluu yritys X:n kolmen eri painoväripigmentin painovärinäytteiden valmistus. Painovärinäytteistä tehdään vedostukset, jotka mitataan ja analysoidaan. Koska testausprosessi on näin laaja, se toteutetaan yhteistyössä kahden Metropolia Ammattikorkeakoulun projektikurssia suorittavan opiskelijan kanssa. Testauksen lisäksi tehdään markkinakatsaus, jossa keskitytään painoalan nykytilanteeseen ja tulevaisuuteen.

Pigmenttien testausta ja tulosten analysointia varten tutkin lähemmin painovärejä, erityisesti sitä, mistä painovärit koostuvat, miten ne valmistetaan ja millaisia ominaisuuksia niillä on. Lisäksi otan selvää, millaiset painovärit sopivat parhaiten käytettäväksi flekso- ja syväpainatuksessa.

2 Painovärit

Painettaessa värit muodostetaan subtraktiivisella värinmuodostuksen periaatteella, ja siinä käytettävää värijärjestelmää kutsutaan CMYK-värijärjestelmäksi. Lähtökohtana on valkoinen pinta, yleensä valkoinen paperi. Valkoinen väri syntyy, kun valkoinen pinta heijastaa kaikkia valkoisen värin komponentteja yhtä paljon. Pinta peitetään painoväripigmenteillä, jotka toimivat suotimina. Jokainen väri vähentää vastakkaisvärinsä valon heijastusta valkoisesta pinnasta. Painettaessa perusväreinä käytetään syaania (cyan), magentaa (magenta) ja keltaista (yellow). Näiden perusvärien lisäksi painettaessa käytetään mustaa (key) väriä. Esimerkiksi magenta väri saadaan, kun magenta väri absorboi valkoisesta paperista heijastuvasta valosta vastakkaisvärinsä valon, eli vihreän. Pinnasta heijastuvat punainen ja sininen valo tuottavat magentan värin. Muut värit saadaan aikaan värien päällekkäispainatuksella: esimerkiksi painamalla päällekkäin syaania ja magentaa, saadaan aikaan violetti väri. (1, s. 25.)

Painovärin tehtävä on muodostaa haluttu kuva tai teksti painopinnalle. Värin pitää siirtyä painokoneen värilaitteesta painolevylle, -laatalle tai -sylinterille ja sieltä eteenpäin painopinnalle, esimerkiksi paperille, mahdollisimman korkeassa nopeudessa. Jotta painaminen olisi nopeaa, on painovärin oltava sopivan nestemäistä, eli juoksevaa ja liikkuvaa. Painovärin siirryttyä paperille sen on asetuttava ja kuivuttava mahdollisimman nopeasti, että vältetään värin leviämiseltä ei-painettavalle alueelle tai toiseen painotuotteeseen. Nopean kuivumisen ja hyvän liikkuvuuden yhdistäminen on haastavaa, ja jokaiselle painomenetelmälle ja tuotteelle on löydettävä siihen parhaiten sopivat ratkaisut. Näihin vaikuttavat sopivien paino-olosuhteiden selvittämisen lisäksi painomateriaalin ja painovärin ominaisuudet ja niiden valinta. (1, s. 118.)

2.1 Koostumus

Painovärin kolme pääkomponenttia ovat pigmentti, sideaine ja liuotin. Pigmentin tarkoitus on muodostaa kontrasti painetun ja painamattoman pinnan välille ja tuottaa haluttu värivaikutelma. Sideaine taas nimensä mukaisesti sitoo pigmentin painoalustaan. Väri saadaan juoksevaksi ja näin siirtymään painopinnalle ja painomateriaalille liuottimen avulla. Liuotin myös edesauttaa painovärin kuivumista painomateriaalille. Sideaineen ja liuottimen yhdistelmää voidaan kutsua väliaineeksi tai vernissaksi. Pääkomponenttien

lisäksi painoväreissä voidaan käyttää lisäaineita parantamaan värille haluttuja ominaisuuksia. (1, s. 129.)

Pigmentit

Painovärin värin muodostamia ainesosia kutsutaan pigmenteiksi. Halutunvärinen pigmentti saadaan sekoittamalla eri raaka-aineita yhteen spesifisillä suhteilla. Raaka-aineet voivat olla peräisin luonnosta, tai ne on voitu valmistaa keinotekoisesti. Siksi pigmenttien sanotaankin jakautuvan orgaanisiin ja epäorgaanisiin painoväripigmentteihin. Painoväriin tulevat pigmentit valitaan huolellisesti painotuotteen erityistarpeiden mukaan. Esimerkiksi elintarvikepakkauksiin on tärkeitä valita myrkyttömät painovärit, sillä pakkaus saattaa joutua kosketuksiin ruoan kanssa. Ulkomainontaan tarkoitettuihin painotuotteisiin on tärkeitä valita painoväri, joka kestää kulutusta ja erilaisia sääolosuhteita. (1, s. 130; 2.)

Noki on yleisin epäorgaaninen pigmentti. Tätä mustaa epäorgaanista pigmenttiä on kolmea erilaista. Lamppunoki on partikkelikooltaan suurinta, ja se valmistetaan esimerkiksi puuta polttamalla. Lamppunokea käytetään tuomaan mattaväreihin lisää pigmenttiä. Kanavanoki on partikkelikooltaan pienintä, ja siksi sitä käytetään yleensä korkealuokissa painoväreissä. Kanavanoki on väriltään rusehtavaa, ja sitä saadaan polttamalla maakaasua. Polttimonoen pigmentit ovat kooltaan lamppunoen ja kanavanoen väliltä. Polttimonokea saadaan polttamalla mineraaliöljyä alhaisessa happipitoisuudessa. Polttimonoki on väriltään sinertävää. (1, s. 130.)

Titaanidioksidi on yleisin valkoisista pigmenteistä. Kaikki valkoiset pigmentit ovat epäorgaanisia, ja niitä käytetään vähentämään värin voimakkuutta sekä säätämään juoksevuusominaisuuksia. Titaanioksidi kasvattaa värin opasiteettia. Pakkauspainatuksessa valkoista painoväriä käytetään yleensä pohjavärinä läpinäkyvälle muoville painettaessa terävöittämään päälle painettavia CMYK-värejä. (1, s. 131; 3, s. 326.)

Värillisten epäorgaanisten pigmenttien värivaikutus syntyy siirtymäalkuaineiden suo-
loista, esimerkiksi kromista, raudasta, nikkelistä ja kuparista, tai yhdisteistä, esimerkiksi oksideista ja hydroksideista. Orgaanisten pigmenttien värillisyyys perustuu kromoforeihin eli valoa absorboiviin atomiryhmiin ja auksokromeihin eli valonabsorptiota vahvistaviin kemiallisiin ryhmiin. Keltaisista pigmenteistä yleisimpiä ovat diarylidit, kromikeltainen ja

kadmiumkeltainen. Magentanvärisien pigmenttien lähteitä ovat yleensä rubiinit, laftolit ja rodamiinit. Syaaniväri tulee ftalosyaanisisisestä yhdisteestä. (1, s. 131.)

Sideaineet

Painoväri saadaan pysymään painopinnalla sideaineen avulla, ja se muodostaa painopinnalle värittömän kalvon painovärien kuivuttua. Painovärien valmistusvaiheessa sideaineen tulee kastella pigmenttipartikkelit kauttaaltaan, jotta painovärien ajettavuus on hyvä, eivätkä pigmentit paakkuunnu. Painoväriin sekoitettava liuotin vapautuu väristä sideaineen avulla. Sideaineen valinnalla voidaan vaikuttaa myös painojäljen kiiltoon ja värin kuivumiseen. Tärkeimmät ominaisuudet ovat kuitenkin liukenevuus, viskositeetti, tahmeus, sidosvoima ja optiset ominaisuudet. (1, s. 131.)

Sideaine valitaan pitkälti käytettävän painomenetelmän mukaan, mutta myös muita seikkoja on otettava huomioon. Sideaineen pitää sopia niin pigmentin kuin liuottimen kanssa yhteen. Painoväreissä sideaineina käytetään kuivattuja öljyjä, alkydeja sekä luonnollisia ja synteettisiä hartseja. Esimerkiksi arkkioffsetväreissä käytetään yleensä kasvipohjaisia kuivuvia öljyjä, kuten pellava- tai risiiniöljyjä. Syväpainoväreissä sideaineena käytetään useimmiten luonnonhartseja ja offsetväreissä hartsien lisäksi alkydeja. Synteettisiä hartseja, esimerkiksi nitroselluloosaa, käytetään fleksopainoväreissä. (1, s. 131.)

Liuottimet

Sideaine liuotetaan painoväriin liuottimen avulla. Liuotuskyky onkin yksi liuottimen tärkeimmistä ominaisuuksista. Liuottimen tehtävä on kuljettaa sideaine ja pigmentti värilaitteesta painopinnalle ja sieltä painettavalle materiaalille. Sideaineen avulla liuotin haihtuu painoväristä sen kuivuttua. Haihtuvuus on myös yksi liuottimen tärkeistä ominaisuuksista. Värin viskositeettia ja kuivumisnopeutta säädellään liuottimien avulla. Syttyvyys, myrkyllisyys ja jälkitahmeus ovat liuottimien muita ominaisuuksia. Painoväreissä yleisimmät liuottimet ovat alkoholi, esterit ja ketonit, aromaattiset ja alifaattiset hiilivedyt sekä vesi. (1, s. 133.)

Liuotinta valitessa pitää miettiä, millaiselle pinnalle ollaan painamassa ja millaisella painolevyllä, mitä painomenetelmää käytetään ja mikä on koneen painatusnopeus, mikä sideaine on valittu käytettäväksi ja miten liuotin toimii sen kanssa yhteen. Pitää huomioida halutun värin ominaisuudet ja kuivumisolosuhteet. Näiden lisäksi on huomioitava

painotuotteen käyttötarkoitus ja niihin liittyvät erikoisvaatimukset. Esimerkiksi elintarvikepakkauksiin tulee valita liuotin, josta ei ole haittaa terveydelle. (1, s. 133.)

Vesiohenteisien painovärien haihtuvuus on alhainen, ja siksi vettä käytetään liuottimina yleensä hyvin absorboiville materiaaleille, esimerkiksi paperille ja kartongille, painettaessa. Veden käyttö liuottimina lisääntyy tuotteiden kehittyessä ja ympäristöystävällisen ajattelun yleistyessä. (1, s. 133.)

Lisäaineet

Painoväreissä käytetään pigmentin, sideaineen ja liuottimen lisäksi myös pieniä määriä lisäaineita parantamaan värin prosessiominaisuuksia. Vahoja käytetään parantamaan värin hankauskestoa ja alentamaan värin tahmeutta. Täyteaineet vähentävät värin voimakkuutta ja säättävät virtausominaisuuksia, sävyä ja kiiltoa. Vaahdonestoaineet estävät vaahdon muodostusta ja kerääntymistä värin pinnalle sekä alentavat pintajännitystä. Pehmittivät tekevät painoväriefilmistä joustavampaa ja parantavat sideainepolymeerin liikkuvuutta. Kuivikkeet edesauttavat kuivumista hapettumalla polymeroituissa väreissä. Ohentimet säättävät värin virtausominaisuuksia ja alentavat viskositeettia. Kostutusaineet parantavat pigmentin kastumista. Hapettumisestoaineet eli antioksidantit estävät hapettumalla kuivuvien värien kuivumisen varastoinnin aikana. Geelinmuodostusaineet säättävät värin väliaineen virtausominaisuuksia. Dispergointiaineet edistävät pigmentin kastuvuutta värin valmistuksen aikana ja estävät pigmenttien paakkuuntumisen. (1, s. 132–133.)

Asettuminen ja kuivuminen

Painoväri on asettuessaan puolikiinteää ja kosketuksen kestävä, mutta kuivuessaan siitä tulee kiinteää ja hankauksen kestävä ja painovärien sideaine muodostaa kestävä kalvon painovärien pinnalle. Painoväri voi asettua ja kuivua joko samalla tai eri menetelmällä. Osa painoväreistä ei kuivu ollenkaan. Tiksotrooppisten painovärien asettuessa värin viskositeetti kasvaa, esimerkiksi pastamaisten värien viskositeetti alenee, kun niitä työstedään telastossa ja väri alkaa asettumaan työstön loputtua. Painovärien on asetuttava ainakin osittain ennen seuraavan osavärien painamista. Värin asettumisnopeus vaikuttaa painoprosessin tehokkuuteen. (1, s. 137.)

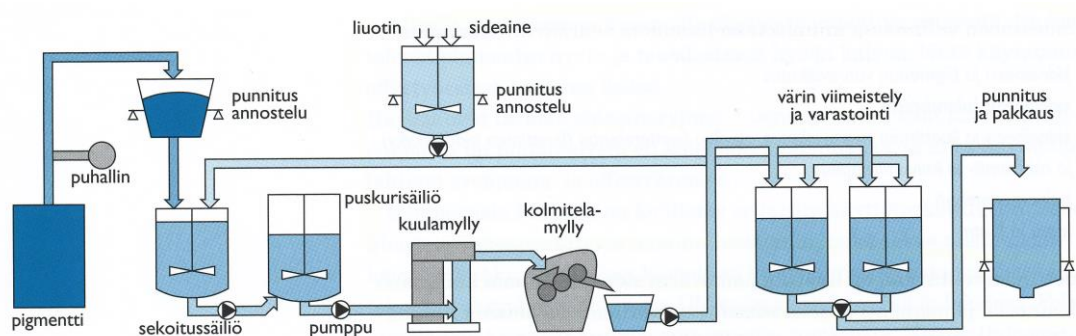
Painoväri voi asettua suotautumalla, jolloin painoväriin liuotin imeytyy osittain paperiin. Suotautumismenetelmää käytetäänkin tästä syystä yleensä vain coldset-offsetissa tai kohopainossa sanomalehtipaperille painettaessa. Fleksopainovärit asettuvat tunkeutumalla paperin huokosiin. Molemmissa tapauksissa paperin on oltava imukykyistä, jotta liuotin voi imeytyä tai tunkeutua paperin huokosiin. (1, s. 137.)

Osa painoväriestä kuivuu polymeroitumalla, jolloin kuivumiseen tarvitaan jokin katalyysaattori. Arkkioffset-, koho- ja seripainovärit kuivuvat hapettumalla, jolloin katalyysaattorina toimii happi. Kuivuminen voi kestää tunnista vuorokauteen, mutta lämpökäsittely edistää kuivumista. UV-värit asettuvat ja kuivuvat UV-säteilyn aiheuttaman nopean polymerisaation avulla, jolloin UV-säteily toimii katalyysaattorina. (1, s. 137; 4, s. 139.)

Syväpainovärit taas asettuvat ja kuivuvat liuottimen haihtuessa painoväristä. Myös flekso- ja heatsetpainovärit kuivuvat liuottimen haihtuessa. Syvä- ja fleksopainovärit kuivatetaan 40–60 asteen lämmössä, heatset-offsetvärit kuivatetaan jopa 120–200 asteessa. (1, s. 137.)

2.2 Valmistusprosessi

Painoväristä laaditaan tarkka resepti, ennen kuin sen valmistus aloitetaan. Reseptiä laatiessa tulee tietää, mihin painomenetelmään painoväri tulee, koska jokainen painomenetelmä vaatii värit erilaisia ominaisuuksia. Painovärien komponentit: pigmentti, sideaine, liuotin ja mahdolliset lisäaineet mitataan ja annostellaan tarkkaan reseptin mukaan. Heatset-offsetvärin perinteinen valmistusprosessi on havainnollistettu kuvassa 1. Muiden menetelmien painovärit valmistetaan samankaltaisella tekniikalla.



Kuva 1. Heatset-offsetvärin valmistusprosessi (1, s. 134).

Pigmentit ja muut mahdolliset jauhemaiset täyteaineet siirretään puhaltimen avulla isommasta säiliöstä varastosäiliöön, josta reseptin mukainen määrä siirretään eteenpäin sekoitussäiliöön. Painovärin nestemäiset osat, sideaineet ja liuottimet, sekoitetaan valmiiksi keskenään omassa varastosäiliössä, josta ne siirretään samaan sekoitussäiliöön. Kaikki ainesosat annostellaan ja punnitaan tarkasti ennen sekoitussäiliöön siirtämistä. (1, s. 134.)

Sekoitussäiliössä väliaineen, sideaineen ja liuottimen yhdistelmä, tulee kastella pigmentit kauttaaltaan, jolloin pigmentin ja ilman rajapinnat muuttuvat pigmentti-väliainerajapinnoiksi. Ainekset sekoitetaan ja jauhetaan huolellisesti, jotta painoväri olisi koostumukseltaan tasaista, eikä siihen jäisi paakkuja. Erilaisia myllyjä käytetään apuna pigmenttien jauhamisessa ja tasaisen värin saavuttamiseksi. Tasaiseksi jauhettu väri siirretään eteenpäin seuraavaan säiliöön, jossa värin viskositeetti mitataan. Viimeistelyvaiheessa väriin voidaan lisätä väliainetta tai liuotinta, jos viskositeettia halutaan alentaa. Painovärin viskositeetti on värin sekoitusvärissä yleensä korkeampi kuin lopullisessa värituotteessa. Lopuksi väri siirretään punnituksen kautta pakkaukseen, joko pienastioihin, tynnyreihin tai kontteihin. (1, s. 134.)

2.3 Ominaisuudet

Painovärejä ja niiden ominaisuuksia tulee tarkastella koko painoprosessin ajan, koska värin ominaisuudet muuttuvat huomattavasti prosessin edetessä. Painovärien ominaisuudet jaotellaan kolmeen eri kategoriaan: reologisiin ominaisuuksiin, pinta- ja kolloidikemiallisiin ominaisuuksiin ja optisiin ominaisuuksiin. Näitä ominaisuuksia tavataan värin eri olomuodoissa, nesteenä, puolikiinteänä ja kiinteänä. Värinsiirron aikana painoväri on nestemäistä, värin asettuessa se on puolikiinteää, ja lopuksi väri on kuivunut kiinteäksi painopinnalle. (1, s. 135.)

Painovärin virtauskäyttäytymistä painoprosessin eri vaiheissa kutsutaan reologisiksi ominaisuuksiksi. Näitä ovat esimerkiksi painovärin siirtyminen ja leviäminen värilaitteesta painomateriaalille, painovärin imeytyminen materiaaliin ja painovärikalvon muodostuminen värin pintaan. Viskositeetti on painovärin tärkein reologinen ominaisuus. Se tarkoittaa aineen, tässä tapauksessa painovärin, sisäistä kitkaa. Viskositeetilla mitataan, kuinka paljon energiaa virtaus kuluttaa aikayksikössä. Viskositeetti voi olla joko vakio tai

muuttava. Vakioviskositeettisia värejä kutsutaan newtoniaalisiksi väreiksi. Niitä ovat esimerkiksi syvä- ja fleksopainovärit. Värin viskositeetti voi olla myös muuttava eli tiksotrooppinen. Offsetvärit ovat tiksotrooppisia värejä, joiden viskositeetti laskee, kun niitä sekoitetaan tai työestetään väritelastossa, ja kasvaa niiden ollessa lepotilassa. (1, s. 135; 3, s. 356–358.)

Viskositeetti vaikuttaa värin siirtoon telastossa ja värilaitteessa. Korkeaviskositeettiset, tahmeammat painovärit liikkuvat telastossa huonommin, ja niitä pitää työstää enemmän kuin juoksevia, alhaisen viskositeetin omaavia painovärejä. Tasainen värikerros voi olla vaikea saavuttaa korkeaviskositeettisia värejä käytettäessä. Alhaisen viskositeetin painovärien ongelma on värin liiallinen imeytyminen paperiin, joka saattaa suurentaa pisteen kasvua ja värin läpipainatus voi lisääntyä. (3, s. 356–358.)

Värin viskositeettia mitataan viskometrillä, joita on useita erilaisia. Mittaus voidaan suorittaa rotaatio-, tanko- tai nauhaviskometrillä, mittaamalla nestepatsaassa putoavan kuu-
lan putoamisaika tai mittaamalla nesteen tyhjenemisaika vakiokokoisesta, poistoaukolla varustetusta kupista. (1, s. 135; 5, s. 264–272.)

Tahmeus on korkeaviskositeettisille väreille tärkeä ominaisuus, ja se kertoo värin halkeamisvastuksen painonipissä. Väri ei saa olla liian tahmeaa, ettei se irrota kuituja painettavan materiaalin pinnasta. Tämän takia paperin pintalujuuden pitää olla suurempi kuin painovärin tahmeuden. On tärkeää, että painovärit painetaan oikeassa järjestyksessä tahmeimmasta väristä aloittaen. Tätä kutsutaan hyväksi trappingiksi. Huono trapping johtuu värien väärästä painojärjestyksestä, missä päälle painetaan liian tahmeaa painoväriä alla olevaan väriin verrattuna. (1, s. 135; 3, s. 366–370.)

Värinsiirtoon ja painojäljen muodostumiseen vaikuttavat värin pintakemialliset ominaisuudet, kuten värin pintajännitys ja sen suhde kiinteiden pintojen pintaenergiaan. Värin pintaominaisuudet määräävät painovärin käyttäytymisen painatusvaiheessa, ja ne vaikuttavat värin adheesioon (tarttumiseen) ja leviämiseen. Juoksevien painovärien pintajännitystä voidaan mitata pintajännitysvaa’alla tai kosketuskulmamittauksella. Viskoottiset painovärit mitataan kontaktikulmamittauksella. (1, s. 135.)

Painojäljen laatuun vaikuttavat painovärin optiset ominaisuudet. Ihannetilanteessa painoväri absorboi itseensä siihen kohdistuvaa valoa. Valo läpäisee painokerroksen heijas-

taen valon takaisin paperin pinnasta, jolloin painoväri suodattaa tietyn osan valon aallonpituuksista ja tuottaa toivotun värivaikutelman. Värimuodostuksessa on kuitenkin käytännön rajoituksia. Painovärin ja ilman rajapinnassa tapahtuu ensipintaheijastus, joka imee osan valosta itseensä. Tämä saa värin näyttämään vaaleammalta ja vähentää värikylläisyyttä. Painoväri saattaa myös absorboida ei-toivottuja aallonpituuksia ja antaa väärän värivaikutelman. Valo voi taittua värikerroksessa tai absorboitua paperin sisään. (1, s. 135; 3, s. 351–355.)

Värimuodostukseen vaikuttavat paperin ja painovärin ominaisuudet sekä niiden yhteensopivuus. Paperin optiset ominaisuudet, kuten vaaleus, värisävy ja kiilto, sekä pinnan ominaisuudet, etenkin sileys, ovat isossa osassa. Painovärikerroksen paksuus, päällekkäiset värikerrokset moniväripainatuksessa sekä valonabsorptio-ominaisuudet ovat painovärin ominaisuuksista isossa osassa värin muodostusta. Painovärin kiiltoa voidaan arvioida mittausten lisäksi myös helposti visuaalisesti. (1, s. 135; 6, s. 831.)

Densiteetti kuvaa painovärin tummuutta. Mittasuure antaa kuvan painokerroksen paksuudesta ja sen kyvystä absorboida ja heijastavaa valoa. Densiteetti määritetään seuraavasti:

$$D = \lg I_0/I$$

I_0 = painopintaan tulvan valon intensiteetti

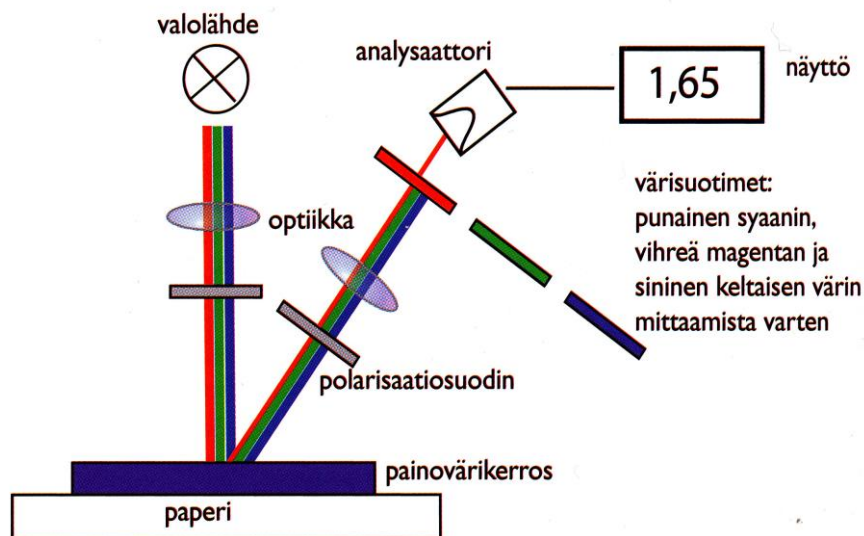
I = pianopinnasta heijastavan valon intensiteetti

Painovärin densiteettilukemat vaihtelevat 0:sta 2–3:een. Mitä suurempi lukema on, sitä vähemmän valoa heijastuu mitattavasta pinnasta ja painovärikerros on paksumpi. Sanomalehtipainatuksessa käytettävien painovärien densiteettilukemat ovat yleensä suuruusluokkaa 1. Arkkioffsetissa päällystetylle paperille painettaessa densiteettilukemat ovat suuruusluokkaa 2. (1, s. 148–149.)

Densiteetti mitataan densitometrillä, ja sen yleisin käyttötarkoitus on valvoa painovärikerroksen paksuutta painokoneella.

”Valo ohjataan optiikan kautta standardoidusta valolähteestä mitattavalle pinnalle. Heijastuvan valon määrä analysoidaan valodiodilla. Mitattavan säteen eteen asetetaan värisuotimet, joiden avulla voidaan määrittää eri osavärien tummuudet.” (1, s. 149.)

Suotimen väriksi valitaan aina mitattavan värin vastaväri. Kuvassa 2 havainnollistetaan syaanin densiteetin mittausta, joten suotimen väri on punainen. (1, s. 148–149.)

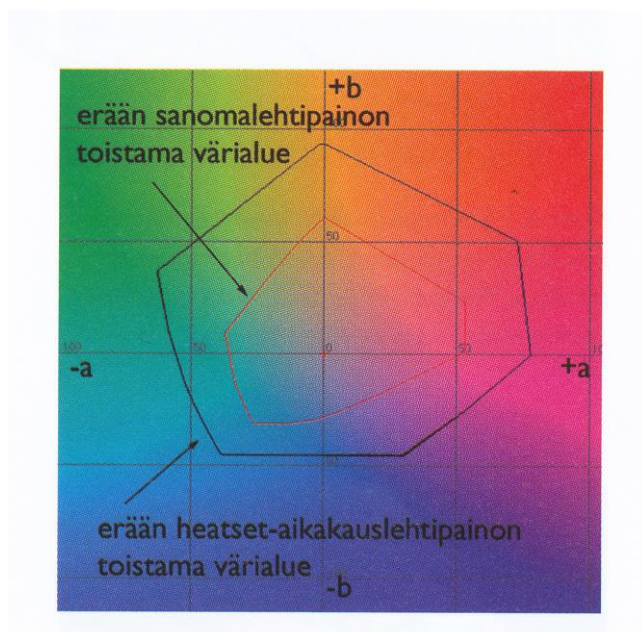


Kuva 2. Syaanin densiteetti mitataan punaisen suotimen läpi (1, s. 148).

Densitometri on tärkeä ja yleisin mittalaite painojäljen laadun valvonnassa. Toinen tärkeä laite on spektrofotometri, jolla mitataan väriä. Mittaamalla saadaan selville värin tarkka sävy, esimerkiksi onko väri sininen, turkoosi tai violetti.

Mittauksessa tutkittava kohde valaistetaan standardivalolähteen tuottamalla valolla. Pinnasta heijastavan valon aallonpituusjakauma analysoidaan tarkasti (1, s. 149).

CIELab-värijärjestelmä on graafisessa teollisuudessa käytetty standardoitu värijärjestelmä. Spektrofotometrillä mitataan värin L-, a- ja b-arvot, eli värin värisävyn, kylläisyyden ja vaaleuden arvot. Väriarvot esitetään tyypillisestä graafisesti Lab-koordinaatissa. Kuvassa 3 on havainnollistettu Lab-koordinaatio, jossa näkyvät kahdesta erilaisesta painojäljestä mitatut Lab-arvot. Painatukselle voidaan asettaa Lab-järjestelmän tavoitearvoja, joiden toteutumista seurataan spektrofotometrillä. (1, s. 149–150.)



Kuva 3. Sanomalehtipainatuksen ja korkealuokkaisen aikakauslehtipainatuksen arvot Lab-koordinaatistossa (1, s. 150).

Opasiteetti kertoo painovärin peittävyuden, johon vaikuttaa painoväriä käytetyn pigmentin laatu ja määrä. Täysin peittävän värin opasiteetin arvo on 100. (2.)

Painovärin kiiltoon vaikuttavat siinä käytetty väri ja painomateriaali. Esimerkiksi päällystetylle paperille painettaessa painovärin kiilto on korkeampi kuin päällystämättömälle paperille painettaessa. Kiiltoon vaikuttavat väriä käytetty pigmentti ja värin pigmenttipitoisuus sekä käytetty sideaine. (1, s. 136.)

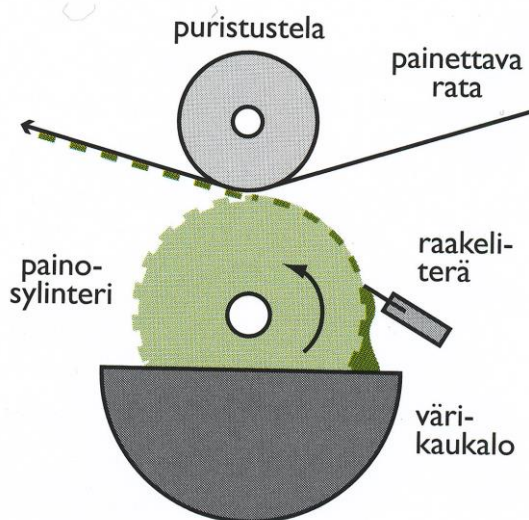
2.4 Flekso- ja syväpainotekniikka ja niiden painovärit

Eri painomenetelmissä käytettävät painovärit eroavat toisistaan huomattavasti. Painotekniikka vaikuttaa värin siirtoon ja siihen, kuinka paksu kerros painoväriä jää painomateriaalille. Painotekniikka vaikuttaa myös siihen, millainen viskositeetti painovärillä tulee olla. Osa painotekniikoista tarvitsee juoksevia värejä kuin toiset. Testauksen pääpaino on pakkauspainatuksessa ja niissä käytettävissä väreissä, joten seuraavaksi paneudutaan flekso- ja syväpainossa käytettäviin väreihin paremmin. (1, s. 129.)

Syväpaino

Syväpainovärien tulee olla juoksevia, eli värin viskositeetin tulee olla alhainen. Syväpainolevyissä on pieniä rasterikuppeja, joiden tulee täyttyä painoväristä. Liuottimina käytetään yleensä nopeasti haihtuvia liuottimia, koska painovärien kuivuminen on nopeaa suljetun painoyksikön ja kuivaajien ansiosta. (1, s. 129; 7, s. 361.)

Syväpainossa painava pinta on ei-painettavaa pintaa alempana. Painokuvio kaiverretaan tai syövytetään kuparipintaiselle sylinterille. Syväpainon jokaisessa painoyksikössä on väriallas, painosylinteri, raakeliterä, puristustela ja kuivain. Juoksevat painovärit mahdollistavat yksinkertaisten värilaitteiden käytön. Syväpainon väri-laite on havainnollistettu kuvassa 4. Tahmeat painovärit tarvitsevat enemmän työstämistä telastossa. Painosylinterin pinta kastellaan kauttaaltaan painovärillä. Ylimääräinen painoväri pyyhitään sylinterin pinnalta metallisella raakeliterällä siten, että painoväri jää ainoastaan painopinnan rasterikuppeihin. Painoväri siirtyy rasterikuppeista painoalustalle sylinterin ja puristustelan muodostamassa painonipissä. (1, s. 64–67.)



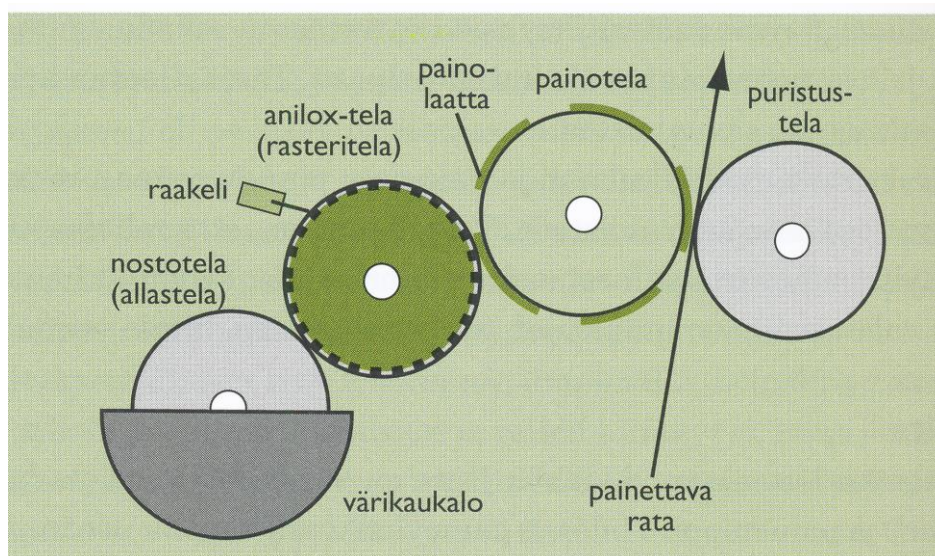
Kuva 4. Syväpainossa käytettävät juoksevat painovärit mahdollistavat yksinkertaisen värilaitteen käytön (1, s. 64).

Painoväri kuivataan aina jokaisessa painoyksikössä ennen seuraavan painovärin painamista. Painovärin liuotin haihdutetaan kuivaajassa puhaltamalla 40–60-asteista ilmaa rataa vasten. Syväpainovärien kemiallisia liuottimia ei saa päästää haihtumaan ilmaan, vaan ne pitää ottaa talteen tai muuttaa jälkipolttimessa energiaksi. (1, s. 69.)

Syväpainon etuina nähdään yksinkertainen värinsiirto, jota on helppo hallita. Värintoisto on hyvä, ja menetelmällä voi painaa sekä paperille että muoville, mutta painaminen onnistuu vain sileäpintaisille materiaaleille. Isoissa painomäärissä menetelmä on edullinen. Haittana nähdäänkin menetelmän korkeat aloituskustannukset. Syväpainoväreissä liuottimina käytetään vain nopeasti haihtuvia kemiallisia liuottimia, jotka vaativat talteenoton tai käsittelyn. (1, s. 73; 7, s. 361)

Fleksopaino

Fleksopaino on kohopainomenetelmä, eli painokuvio on koholla painolevyllä tai laatalla. Vaikka painotekniikka onkin kohopainamisen kanssa samanlainen, eroa on väreissä ja painolevyissä. Fleksopainovärit ovat kohopainovärejä juoksevampia, mikä mahdollistaa yksinkertaisemman värilaitteen käytön. Kohopainon painolevyt ovat kovia, kun taas fleksopainon levyt ja laatat valmistetaan joustavista materiaaleista, kuten kumista tai fotopolymeeristä. Painoväri siirtyy rasteri- tai anilox-telalta painolevyn koholla oleville pinnoille ja niiltä painonipissä paperille. (1, s. 73–77.) Fleksopainoyksikön väri-laite on havainnollistettu kuvassa 5.



Kuva 5. Fleksopainoyksikön perinteinen rakenne (1, s. 80).

Fleksopainovärit ovat hyvin samankaltaisia kuin syväpainovärit. Värin viskositeetti on yleensä syväpainovärejä hieman alhaisempi, mikä mahdollistaa vesipohjaisten värien käytön. Liuottimen valinta on tarkempaa, sillä ne eivät saa vahingoittaa kemiallisille ai-

neille arkoja kumi- ja polymeerilaatuja, joita käytetään fleksopainon painolevyissä ja värialtaissa. Vesipohjaiset värit ovat liuotinpohjaisia värejä ympäristöystävällisempiä, mikä on iso etu nykyään, kun painoalan ympäristövaikutuksiin kiinnitetään entistä enemmän huomiota. (1, s. 76.)

Fleksopainokoneet ovat yleensä toiselle puolelle rataa painavia moniyksikköisiä rotaatiokoneita, jossa voi olla jopa kahdeksan painolaitetta. Perinteisen nelivärisarjan lisäksi fleksopainokoneissa on yleensä myös peittovalkoinen väri ja painettavalle tuotteelle ominaiset lisävärit. Koneet ovat yleensä rullalta rullalle painettavia, mutta myös arkkisyöttöisiä koneita käytetään esimerkiksi aaltopahvia painettaessa. Koneissa, joilla painetaan muovikalvoille tai muille painoväriä imemättömille materiaaleille, on kuivaimet, jotka haihduttavat liuottimen pois väristä. Koneisiin voidaan haluttaessa lisätä jälkikäsittelytoimintoja, kuten laminointi, päällystys tai arkitus. (1, s. 84–85.)

Fleksopainokoneet ovat yleensä tyypiltään stack-, keskussylinteri- tai inline-koneita. Kone valitaan usein painettavan tuotteen, värillisyyden, koon ja laatuvaatimusten, käytettävien materiaalien, painosmäärän tai hankinta- ja ylläpitokustannusten mukaan. (1, s. 85.)

Stack- eli tornityyppisissä koneissa painoyksiköt ovat päällekkäin kahdessa rivissä. Koneessa on kaksi kuivainta, yksi välikuivain rivien välissä ja toinen kaikkien painoväriyksiköiden jälkeen. Painoyksiköitä voi olla kahdesta kahdeksaan riippuen siitä, kuinka monta väriä painotuotteen painamiseen tarvitaan. Stack-koneita käytetään yleensä helpoihin ja yksinkertaisiin töihin, paksulle paperille tai kartongille painettaessa. (1, s. 85–86.)

Keskussylinteri- eli satelliittikoneissa painoyksiköt on ryhmitelty yhden isokokoisen keskussylinterin ympärille. Painoyksiköitä voi olla kuudesta kahdeksaan. Keskussylinterikoneen värin kohdistustarkkuus on erinomainen. Värit kohdistuvat hyvin jopa ohuille ja vevyille materiaaleille painettaessa. (1, s. 85–86.)

Inline-koneissa painoyksiköt ovat täysin erillisinä yksiköinään peräkkäin. Rakenne on kevyt ja joustava, ja painoyksiköitä voidaan asentaa haluttu määrä. Fleksopainon arkkisyötteiset koneet ovat yleensä inline-koneita ja niitä käytetään esimerkiksi aaltopahvien painamiseen. Inline-rullakoneita käytetään lähinnä kartongille tai laminaatille painettaessa. Jälkikäsittelytoiminnot lisätään yleensä inline-koneisiin. (1, s. 85–86.)

Fleksopainamisessa on lukuisia etuja. Painolevyjen kestävyys on hyvä, värilaitteet ovat yksinkertaisia ja värinanto on tarkkaa. Keskussylinterien rasteritarkkuus on erinomaista joustavallakin materiaalilla. Painatus onnistuu erilaisille materiaaleille monilla erilaisilla väreillä, painotuotteiden koko voi vaihdella, ja jopa saumaton painaminen on mahdollista. Painokoneiden kuntoonlaitto on nopeaa, keskussylinterikoneet ovat pitkälle automatisoituja ja vaihtoajat ovat nopeita. Painonopeus ja laatu lähestyvät koko ajan syväpainoa, mutta kustannukset ovat alhaisempia ja energian tarve vähäisempää. Painatuksessa syntyy hyvin vähän materiaalihukkaa, mikä myös pienentää kustannuksia. (1, s. 87–88.)

Fleksopainossa on myös omat haasteet ja huonot puolet. Sävy- ja yksityiskohtien toisto ei ole vielä offsetin tai syväpainon tasoista, mutta painojälki parantuu koko ajan. Anilox-telan ja pehmeän painolaatan vuoksi kuvissa on käytettävä suhteellisen harvaa rasterointia. Samalta painolevyltä on vaikea painaa pientä tekstiä, sävykuvia ja suuria kompaktipintoja. (1, s. 88.)

3 Painoteollisuuden markkinat

Painoteollisuus ja painoteollisuudet markkinat ovat pienentyneet. Vaikka kirjat ja lehdet siirtyvätkin yhä enemmän paperisesta digitaaliseen muotoon, ei pakkausteollisuus pysty muuttumaan digitaalseksi. Pakkauspainatus kasvaa entisestään uusien tuotteiden ja älypaukkauksien suosion myötä.

Vuonna 2013 Euroopan painoteollisuuden liikevaihto oli 106 miljardia euroa ja se koostui 134 000 alan yrityksestä, jotka työllistivät yli 850 000 ihmistä. 85 prosenttia näistä yrityksistä oli pieniä yrityksiä, jotka työllistivät alle 20 ihmistä. Vuonna 2015 Euroopassa oli enää 120 000 painoalan yritystä, ja työntekijöitä näillä yrityksillä oli noin 770 000. Näiden yritysten yhteinen ilmoitettu liikevaihto oli noin 88 biljoonaa euroa. (8.)

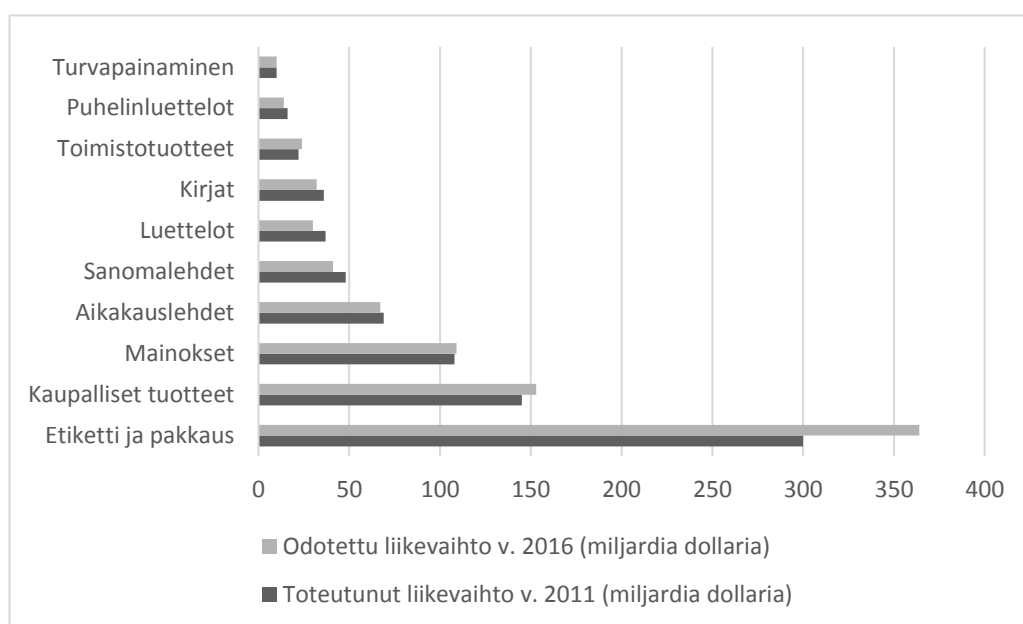
Labels and Labelsin tekemässä artikkelissa kerrotaan, että European Rotogravure Association sihteerin James Sieverin (9) mukaan syväpainoteollisuus on kasvussa. Tehaita ja painoja oli vuonna 2013 enemmän kuin muutama vuosi aikaisemmin. Syväpainolla on enemmän etuja kuin muilla painotekniikoilla, esimerkiksi nopeus ja värinointi, sekä se, että painotuotteen katkaisupituuden voi määritellä niin pitkäksi kuin haluaa. Hyvä repro, rasterointi ja kyky hallita laajaa alustan pinta-alaa ovat kaikki painotekniikan

etuja. Syväpainon suosio nousee nopeasti Lähi-idässä ja Etelä-Amerikassa, painomenetelmän käyttö kasvaa myös Aasiassa ja Intiassa. Euroopassa on melkein yhtä paljon syvä- kuin fleksopainatusta käyttäviä pakkauspainoja. Saksa, Italia, Venäjä, Ranska, Espanja ja Britannia hallitsevat painoteollisuutta edelleen. Suurin osa Euroopan tehtaista ja painolaitoksista on näissä maissa. (9.)

Steve Katz kertoo Label and Narrow Webiin kirjoittamassaan artikkelissa, että Lee Zeffin mukaan fleksopainaminen jatkaa kehittymistään hyödyntämällä painokoneidensa teknisiä etuja. Käyttöönotto on nopeampaa, materiaalitehokkuus on korkeampi, väri on nopeampaa ja helpommin hallittavaa. Kehittymistä on tapahtunut esimerkiksi painolevyissä, anilox-teloissa ja painovärien kuivumisessa. Painojäljen laatu paranee jatkuvasti. Fleksopainamisen käyttö etikettien painamisessa yleistyy nopeasti. (10.)

3.1 Painoteollisuuden tulevaisuus

Pira Internationalin tutkijan Adam Pagen (11) tekemän tutkimuksen mukaan etiketti- ja pakkauspainatuksen uskotaan olevan isoin painomateriaalisektori vuonna 2016. Vuonna 2011 etiketti- ja pakkauspainatus tuotti 300 miljardia dollaria, vuoteen 2016 mennessä sen uskotaan nousevan 360 miljardiin dollariin. Tuotesektorien ennustetut muutokset on havainnollistettu kuvassa 6.



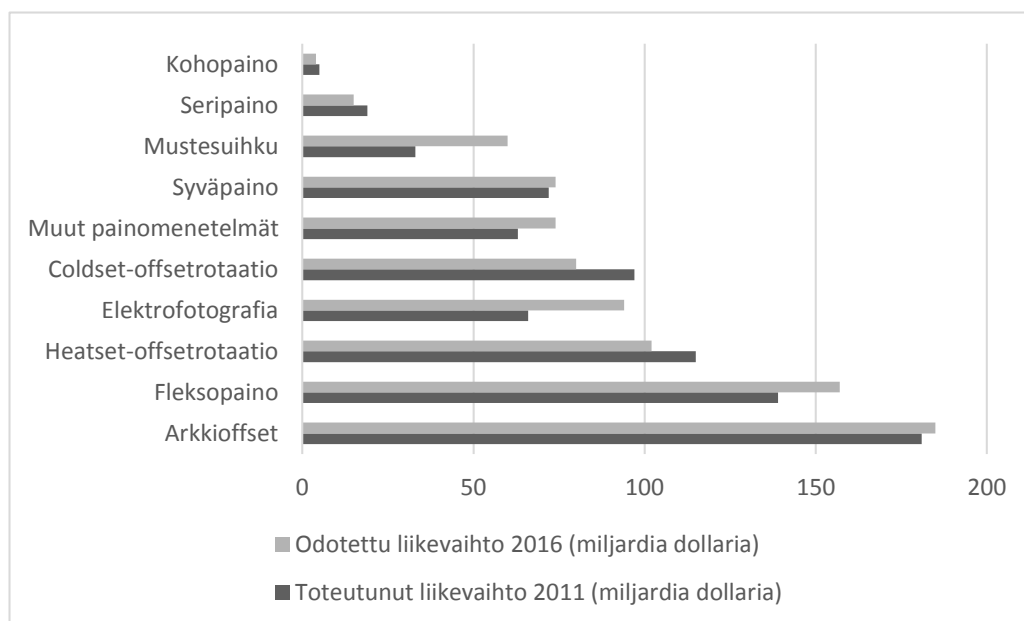
Kuva 6. Painotuotesektorien muutokset vuoteen 2016 mennessä (11).

Tutkimuksen mukaan etiketti- ja pakkauspainatuksen lisäksi kaupallisten tuotteiden, mainoksien ja toimistotuotteiden painatuksen uskotaan nousevan vuoteen 2016 mennessä. Muiden painotuotteidensektorien uskotaan laskevan. Turvapainatuksen markkinaosuuden uskotaan pysyvän samana. (11.)

Syvä- ja fleksopainatus jatkavat hallitsevina painomenetelminä pakkauspainatuksessa. Digitaalisten painomenetelmien käyttö pakkauspainatuksessa on vielä vähäistä, mutta sen käytön uskotaan nousevan tuottavuuden ja kustannustehokkuuden parantuessa. Offset- ja silkkipainatusta käytetään myös pakkauspainatuksessa jonkin verran. Pakkauspainatus on painoalan tulevaisuus ja koko ajan nouseva sektori, joten painovärien valmistajien ja kauppiaiden on sopeuduttava muutoksiin. (11.)

Flexo Dailyn julkaisemassa artikkelissa (12) kerrotaan, että painamiseen, pakkauksiin ja papereihin erikoistuneen tutkimusryhmä Smither Piran mukaan etikettipainatussektori nousee 43 miljardiin dollariin vuoteen 2017 mennessä. Flekso- ja digitaalisen painamisen odotetaan olevan suurimmat voittajat painomenetelmien osalta. Vuonna 2012 digitaalisen painamisen osuus etikettipainatuksessa oli vain 3,0 %, vuoteen 2017 mennessä sen odotetaan nousevan 7,2 %:iin. (12.)

Offsetarkkipainatuksen uskotaan pysyvän yleisimpänä painomenetelmänä vielä vuonna 2016, mutta digitaaliset painomenetelmät yleistyvät ja luovat paineita koko painoteollisuudelle. (11.) Painomenetelmien ennustetut muutokset on havainnollistettu kuvassa 7.



Kuva 7. Painomenetelmien ennustetut muutokset vuonna 2016 (11).

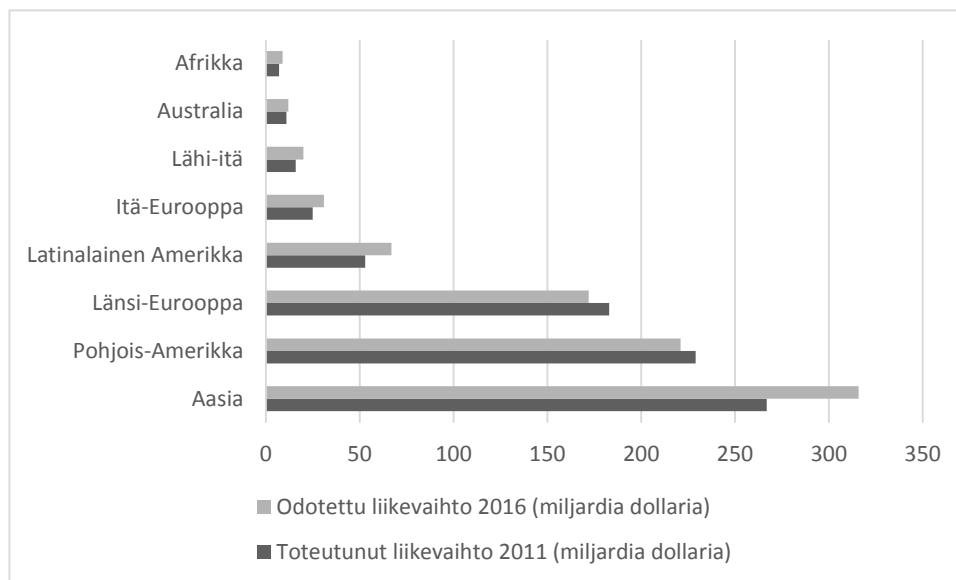
Arkkipainatuksessa on otettu käyttöön uusia tekniikoita, jotka lisäävät tehokkuutta ja vähentävät arkkipainatuksen yksikköhintaa. Isoja formaatteja painavien koneiden kysyntä lisääntyy jatkuvasti. UV-värien ja lakkojen käyttö painatuksessa on yleistynyt huomattavasti. (11.)

Fleksopainamisen liikevaihdon uskotaan lisääntyvän pakkausteollisuuden kasvun myötä. Painolaatu paranee koko ajan uusien tekniikoiden myötä. Tämän takia fleksopainon uskotaan syrjäyttävän muiden painotekniikoiden käyttöä niin pakkauspainatuksessa kuin muillakin painotuotesektoreilla. (10.) Piran tekemien tutkimusten perusteella fleksopainamisen liikevaihdon ennustetaan nousevan 3 %:n vuosivauhdilla vuoteen 2019 asti. Liikevaihdon kasvu johtuu pitkälti aaltopakkausten ja joustavien pakkauksien kysynnän lisääntymisestä. (13.)

Syväpainamisen edut ovat isojen painosmäärien halpa tuotanto etiketti- ja pakkauspainatuksessa, mutta itse painosylinterien valmistus ja käyttöönotto on kallista ja aikaa vievää. Syväpainamisella voidaan saada parempi painolaatu alempiarvoisella paperille painettaessa kuin offsetillä. (11.)

Digitaalinen painaminen on hyvässä asemassa: tekniikan käyttö kasvaa ja kehittyy koko ajan. Digitaalista painamista kannattaa käyttää pieniä painosmääriä painettaessa tai jos tuotteeseen halutaan tiettyä personointia. Nämä molemmat ovat tämän päivän trendejä. Digitaalinen painaminen voi syrjäyttää vuosien varrella muita painotekniikoita tuotantohintojen laskiessa ja painolaadun noustessa. Elektrofotografian edut ovat lyhyet ajot ja nopeampi läpiajo. Muuttuvan datan painatus on helppoa, mikä tuo lisää kysyntää alalle. Kuvakirjat ovat hyvä esimerkki uudentyyppisestä kysynnästä. Mustesuihkutulostuksen uskotaan kasvavan seuraavien 5–10 vuoden aikana uusien formaattien myötä. (11.)

Vuonna 2011 painoteollisuuden isoimmat markkinat olivat Aasiassa, Pohjois-Amerikassa ja Länsi-Euroopassa, ja niiden uskotaan tuottavan suurimmat liikevaihdot myös vuonna 2016. (11.) Ennusteet painoteollisuuden alueellisista markkinoista on havainnollistettu kuvassa 8.



Kuva 8. Painoteollisuuden alueelliset markkinat vuonna 2016 (11).

Länsi-Euroopan ja Pohjois-Amerikan markkinoiden uskotaan laskevan, kun taas muiden alueiden liikevaihdon uskotaan kasvavan (11).

3.2 Globaali painoväriteollisuus

MarketsandMarketsin julkaisemassa tutkimuksessa (14) ennustetaan painoväri- ja pigmenttimarkkinoiden keskimääräinen liikevaihdon kasvu (CAGR) tulee olemaan 3,6 % vuodesta 2013 vuoteen 2018. Markkinat nousevat 11 miljoonaan tonniin vuoteen 2018 mennessä. (14.)

Global Industry Analystin (15) tekemän tutkimuksen mukaan painoväriteollisuuden vuoden 2017 ennustettu liikevaihto on yli 18 miljoonaa dollaria. Markkinoiden odotetaan kasvavan uusien innovatiivisten tuotteiden, niin kuin mustesuihku- ja UV-painovärien sekä ympäristöystävällisempien painovärien, nousevan kysynnän vuoksi. Kasvumahdollisuuksia on erityisesti energiatehokkaalla painoväritekniikalla ja säteilyn avulla kehitettävillä musteilla. (15.)

Yleisen taloustilanteen kohentuessa myös painoväriteollisuudet markkinat lähtevät nousuun, vaikkakin nousun oletetaan olevan maltillista raaka-aineiden hinnan nousun ja taloudellisen taantumun vuoksi. Tuotekehitys auttaa alan toimijoita muokkaamaan tuotteitaan alan painomenetelmiin ja asiakkaiden tarpeisiin sopiviksi. Tuotteiden hinnoittelu on avainasemassa myynnin kehityksessä: oikein hinnoitellut tuotteet voivat kasvattaa markkinoita. Markkinatilanteen paraneminen ja liikevaihdon kasvu riippuu hyvin pitkälti painotuotteiden käyttäjistä ja painotuotteiden myynnistä. (15.)

Global Industry Analystin tutkimuksien mukaan mustesuihkuvärien myynnin ennustetaan nousevan 2 biljoonaan dollariin vuoteen 2017 mennessä. Uudet digitaaliset kuvauslaitteet ja erilaiset sovellukset, kuten 3D-mallinnus ja digitaalinen kuvaaminen, kiihdyttävät mustesuihkuvärien myyntiä. Myyntiä lisää myös mustesuihkuvärien käyttö tekniikan ja tekstiilien painatuksessa. (15.)

Digitaalisten painovärien liikevaihdon odotetaan nousevan yli miljardiin dollariin vuoteen 2015 mennessä. Ympäristöystävällisten painovärien ja UV-musteiden kysyntä sekä uusien innovatiivisten painomusteiden kehitys ja uudet sovellukset edistävät myynnin kasvua. (15.)

Painoväriteollisuuden suurimmat markkinat, niin määrällisesti kuin myynnillisesti, ovat Pohjois-Amerikassa. UV-painovärit ja niiden myynti tuovat suurinta kasvua Euroopan markkinoille. Uudet sovellukset Aasian ja Euroopan markkinoilla tuottavat kasvua painomenetelmiin, jotka käyttävät energiatehokkaita painovärejä. Lehdistä ja luetteloista halutaan laadukkaampia ja hienostuneempia, joten säteilyllä kovettavien painovärien käyttö kustannuslaskennalla kasvaa. Painovärimarkkinoiden suurimmat kasvualueet ovat Aasiassa, erityisesti Intiassa ja Kiinassa. Kasvua tuottavat erityiset alueelliset julkaisut ja kaupallinen painaminen. Vuosittaisen kasvun ennustetaan olevan jopa 6 %. (15.)

Teknologian innovaatiot ja ympäristölähtöinen ajattelu muokkaavat painoväriteollisuutta. Painokoneista tehdään laadukkaampia nopeamman läpiajoajan ja automaation avulla, mikä tarkoittaa, että painoväreistä pitää tehdä entistä laadukkaampia. Ympäristölähtöisen ajattelun yleistyessä painovärien ympäristöystävällisyyteen panostetaan. Tavalliset painovärit vaihtuvat ympäristölle parempiin vesi- ja tai kasviöljypohjaisiin painoväreihin. Offsetpainovärit jatkavat painovärien yleisimpänä sektorina, mutta digitaalisten painomusteiden käyttö yleistyy ennustetulla 4 %:n vuosikasvulla. (15.)

Elektronisen painatuksen lisääntyessä siinä käytettävien painovärien myynti kasvaa jatkuvasti. Painettua elektroniikkaa käytetään yhä enemmän RFID-siruissa, näytöissä ja aurinkokennoissa, mikä korostaa tuotantoprosessin tärkeyttä. (16.)

3.3 Painoväripigmentit

Painoväriteollisuus jatkoi nousuaan osalla sektoreistaan vuonna 2013, mutta osa sektoreista kohtasi haasteita. Pigmenttimarkkinoilla oli nähtävissä sama tilanne: erikoispigmentit ja korkean suorituskyvyn pigmentit jatkoivat markkinatilanteen parantamista. Vuoden 2013 aikana kokonaiskustannukset ja tarjonta olivat tasaisia. Tosin Aasian markkinoiden ympäristöä koskevat huolenaiheet aiheuttivat vajausta ja hintojen nousua osalla keskeisimmistä sektoreista vuoden viimeisen neljänneksen aikana. (16.)

Vaikeuksista ja epävarmasta taloustilanteesta huolimatta vuosi 2013 oli painoteollisuudelle oletettua parempi. Suurin osa pigmentin tuottajista ilmoitti myynnin kasvaneen. Pigmenttien hintakilpailu kiihtyy tulevaisuudessa, kun kustannukset johdattelevat ostopäättöstä entistä enemmän. (17.)

Pakkauspainoteollisuus jatkaa nousua, ja erityisesti älypakkauksien määrä pakkauspainatuksessa kasvaa. Painoväriteollisuus kohtaa haasteita kaikilla osa-alueillaan. Pakkauspainatuksen haasteet ovat saada tuotteelle lyhyt toimitusmatka, painostus pienentää pakkauksien kokoa, kierrätettävyyttä ja pakkauksien muut ympäristöhaitat sekä niiden pienentäminen. Näiden seikkojen takia pakkausteollisuus pyrkii parempaan laatuun ja pigmenttien pitää olla johdonmukaisia niin värin tarkkuuden kuin viskositeetin suhteen. Niiden pitää sopia laajaan valikoimaan hartsijärjestelmiä ja niitä pitää pystyä painamaan monenlaisille alustoille. (17.)

Raaka-aineet ovat tuottaneet pigmenttien valmistajille vaikeuksia viime vuosien aikana: saatavuuden laskiessa kustannukset ovat nousseet. Pigmenttimarkkinoiden suurimmat haasteet johtuvat lisääntyneistä ja tiukennetuista ympäristömääräyksistä. Määräykset ovat tiukentuneet erityisesti veden ja teollisten jätteiden käsittelyn suhteen. (17.)

Pigmenttien tuottajat ovat suurimmaksi osaksi optimistisia vuoden 2014 osalta (17).

4 Pigmenttien testaus

Insinööriyössä tarkoituksena oli selvittää testien avulla, kuinka paljon valkoisena painoväripigmenttinä käytettävää titaanidioksidia voi korvata yritys X:n pigmenteilla 1 ja 2. Tavoitteena oli löytää kustannustehokkain vaihtoehto sekoittamalla pigmenttiä ja titaanioksidia, kuitenkin laadusta tinkimättä. Pigmentti 3:a oli tarkoitus testata sinisessä värissä. Tarkoituksena oli selvittää värin siirtymiseen vaikuttavia ominaisuuksia.

Painoväripigmentit testattiin yritys Y:n tiloissa K Control Coater -vedostuslaitteella, joka näkyy kuvassa 9. Pieni määrä värinäytettä asetetaan testipinnan alkupäähän vedostuslaitteen tankojen eteen. Laitteen nopeus ja paine säädetään ennen laitteen käynnistämistä. Vedostuslaitteen tanko levittää painovärinäytteen tasaisesti testialustalle, kun laite käynnistetään. Jokaisen testinäytteen välissä tanko pestään ja kuivataan huolellisesti.



Kuva 9. Vedostuslaitteena toimi K Control Coater (18).

Yritys Y sekoitti yritys X:n pigmenteista 1 ja 2 valmiit yleisväriaineet testivärejä 1, 2 ja 3 varten. Niiden lisäksi yritys valmisti väriaineen, jossa oli yritys X:n pigmenttien sijaan käytetty titaanidioksidia. Sekoittamalla näitä kahta väriainetta keskenään saadaan selville, miten yritys X:n pigmentin määrä vaikuttaa painoväriin ja sen laatuun. Testiväri 4:n testaukseen yritys Y valmisti sinisen pastan, jota sekoitettiin pigmenttiin 3:n kanssa.

4.1 Testiväri 1 - Pigmentti 1 taustapainatukseen

Yritys Y valmisti yhden kilogramman kahta eri väriainetta testausta varten. Väriaine A:n pigmenttinä toimi titaanidioksidi ja väriaine B sisälsi yritys X:n pigmentti 1:tä. Värin muut komponentin valittiin niin, että painoväri sopisi käytettäväksi taustapainatukseen. Väriaineiden viskositeetit mitattiin. Väriaine A:n viskositeetti on 21 s ja väriaine B:n 22 s. Väriaineita sekoitettiin eri suhteissa, ja jokaisesta valmistettiin 100 gramman näytteet. Taulukossa 1 näkyvät testinäytteiden sekoitussuhteet.

Taulukko 1. Testiväri 1:stä tehtiin 9 erilaista näytettä.

Testiväri 1. Värinäyte	Väriaine A (g)	Väriaine B (g)	Pigmentti 1. %-osuus näytteessä
1.	100	0	0,0
2.	90	10	4,0
3.	88	12	4,8
4.	86	14	5,6
5.	84	16	6,4
6.	82	18	7,2
7.	80	20	8,0
8.	70	30	12,0
9.	60	40	16,0

Ensimmäisessä näytteessä ei ollut ollenkaan yritys x:n pigmenttiä, vaan pigmenttinä käytettiin pelkästään titaanidioksidia. Jokaiseen näytteeseen lisättiin aina hieman edellistä enemmän yritys x:n pigmenttiä ja titaanidioksidin määrää vähennettiin. Näitä näytteitä oli tarkoitus käyttää taustapainatuksessa, jonka avulla väriin saadaan voimaa ja syvyyttä. Pigmentti 1 on tarkoitettu käytettäväksi liuotinpohjaisiin väriin, joten testipintana toimi polymeerifilmi, josta liuotin poistuu haihtumalla.

4.2 Testiväri 2 - Pigmentti 1 pintapainamiseen

Yritys Y valmisti yhden kilogramman kahta eri väriainetta tätä testiä varten. Väriaine A:n pigmenttinä toimi titaanidioksidi ja väriaine B sisälsi yritys X:n pigmentti 1:tä. Värin muut komponentin valittiin niin, että painoväri sopisi käytettäväksi pintapainatukseen. Väriai-

neiden viskositeetit mitattiin. Väriaine A:n viskositeetti oli 26 s ja väriaine B:n 38 s. Väriaineita sekoitettiin keskenään eri suhteessa, ja jokaisesta tehtiin 100 gramman näytteet. Taulukossa 2 näkyvät testivärinäytteiden sekoitussuhteet.

Taulukko 2. Testiväri 2:sta tehtiin 6 erilaista näytettä.

Testiväri 2. Värinäyte	Väriaine A (g)	Väriaine B (g)	Pigmentti 1. %-osuus näytteessä
1.	100	0	0,0
2.	92	8	3,2
3.	90	10	4,0
4.	86	14	5,6
5.	80	20	8,0
6.	70	30	12,0

Ensimmäisessä näytteessä pigmenttinä oli vain titaanioksidia, mutta seuraaviin näytteisiin lisättiin aina hieman edellistä enemmän yritys X:n pigmenttiä 1:tä. Pigmentti 1 on tarkoitettu käytettäväksi liuotinpohjaiseen väriin, joten testipintana toimi polymeerifilmi, josta liuotin poistuu haihtumalla.

4.3 Testiväri 3 – Pigmentti 2

Yritys Y valmisti yhden kilogramman kahta eri väriainetta tätä testiä varten. Väriaine A:n pigmenttinä toimi titaanidioksidi ja väriaine B sisälsi yritys X:n pigmentti 2:ta. Väriaineen muut komponentit valittiin niin, että ne sopisivat vesipohjaiseen väriin. Väriaineiden viskositeetit mitattiin. Väriaine A:n viskositeetti oli 27 s ja väriaine B:n 19 s. Väriaineita sekoitettiin eri suhteessa, ja jokaisesta tehtiin 100 gramman näytteet. Taulukossa 3 näkyvät näytteiden sekoitussuhteet.

Taulukko 3. Testiväri 3:sta tehtiin 6 erilaista näytettä.

Testiväri 3. Värinäyte	Väriaine A (g)	Väriaine B (g)	Pigmentti 2. %-osuus näytteessä
1.	100	0	0
2.	75	25	10
3.	60	40	16
4.	55	45	18
5.	50	50	20
6.	0	100	40

Ensimmäisen painovärinäytteen pigmenttinä on pelkkää titaanidioksidia. Kokeen edessä pigmentti 2:n määrää nostettiin aina vähitellen. Viimeisessä näytteessä pigmenttinä oli ainoastaan yritys X:n pigmentti 2. Pigmentti 2 on tarkoitettu vesipohjaisille väreille, joten vedostukset tehtiin päällystämättömälle SCA Liner 125g -paperille, joka imee painoväriä itseensä.

4.4 Testiväri 4 – Pigmentti 3

Yritys Y valmisti sinisen pastan tätä testiä varten. Vernissaa ja yritys X:n pigmentti 3:a sekoitettiin keskenään eri suhteissa. Sinisen pastan määrä oli sama koko testin ajan, koska haluttiin selvittää, miten pigmentin lisääminen vaikuttaa painoväriin. Jokaisesta valmistettiin 200 gramman näytteet. Taulukossa 4 näkyvät testinäytteiden sekoitussuhteet.

Taulukko 4. Testiväri 4:stä tehtiin seitsemän erilaista näytettä.

Testiväri 4. Värinäyte.	Pigmentti 3. % -osuus	Pigmentti 3 (g)	Vernissa (g)	Sininen pasta (g)	Vesi (ml)	Viskositeetti (s)
1.	0	0	160	40	6	25
2.	5	10	150	40	4	23
3.	10	20	140	40	0	23
4.	15	30	130	40	0	20
5.	20	40	120	40	0	18
6.	25	50	110	40	0	18
7.	30	60	100	40	0	17
8.	35	70	90	40	0	16
9.	40	80	80	40	0	16

Ensimmäisessä näytteessä ei ollut yritys X:n pigmenttiä ollenkaan. Kahteen ensimmäiseen näytteeseen lisättiin pieni määrä vettä, jotta painoväriin viskositeetti alenisi koko testin ajan. Testipaperina toimi 200 -grammainen valkoinen paperi, MetsäBoard Tako IN4/0089. Painoväriin vedostus tehtiin paperin molemmille puolille, päällystetylle ja päällystämättömälle. Painovärit sekoitettiin Hamilton beach commercial -sekoittimella. Näytteiden viskositeetit mitattiin BYK Gardner 7–13 -mittauslaitteella.

5 Tulokset ja päätelmät

5.1 Testiväri 1 – Pigmentti 1 taustapainatukseen

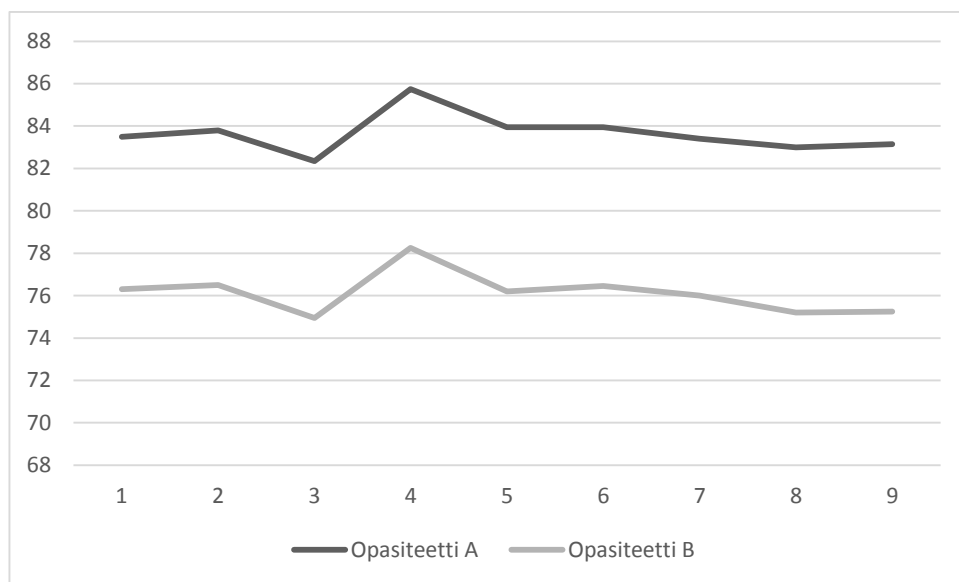
Testiväri 1:n testinäytteet mitattiin Photovolt-testikoneella Metropolia Ammattikorkeakoulun painolaboratoriossa. Taustapainatukseen tarkoitettua väristä haluttiin saada selville, miten yritys X:n pigmentti vaikuttaa näytteen opasiteettiin ja kiiltoon.

Jokaisen testinäytteen opasiteetti ja kiilto mitattiin neljä kertaa, ja näistä laskettiin mitauksien keskiarvo. Väriin opasiteetti mitattiin polymeerifilmin kummaltakin puolelta. Opasiteetti A mitattiin painetulta puolelta ja opasiteetti B ei-painetulta puolelta. Kiilto mitattiin kahdella eri tavalla: kiilto A mitattiin valkoista paperia vasten, kiilto B mustaa paperia vasten. Molemmat mitattiin 75 asteen kulmassa. Taulukossa 5 näkyvät jokaisen värinäytteen opasiteetin ja kiillon mittaustulokset.

Taulukko 5. Testiväri 1: opasiteetin ja kiillon mittaustulokset.

Testiväri 1. Värinäyte	Opasiteetti A	Opasiteetti B	Kiilto A	Kiilto B
1.	83,50	76,30	47,25	54,98
2.	83,80	76,50	42,85	42,85
3.	82,35	74,95	37,00	38,83
4.	85,75	78,25	37,53	34,75
5.	83,95	76,20	34,58	37,88
6.	83,95	76,45	40,83	39,00
7.	83,40	76,00	32,18	32,00
8.	83,00	75,20	31,08	34,73
9.	83,15	75,25	28,13	31,25

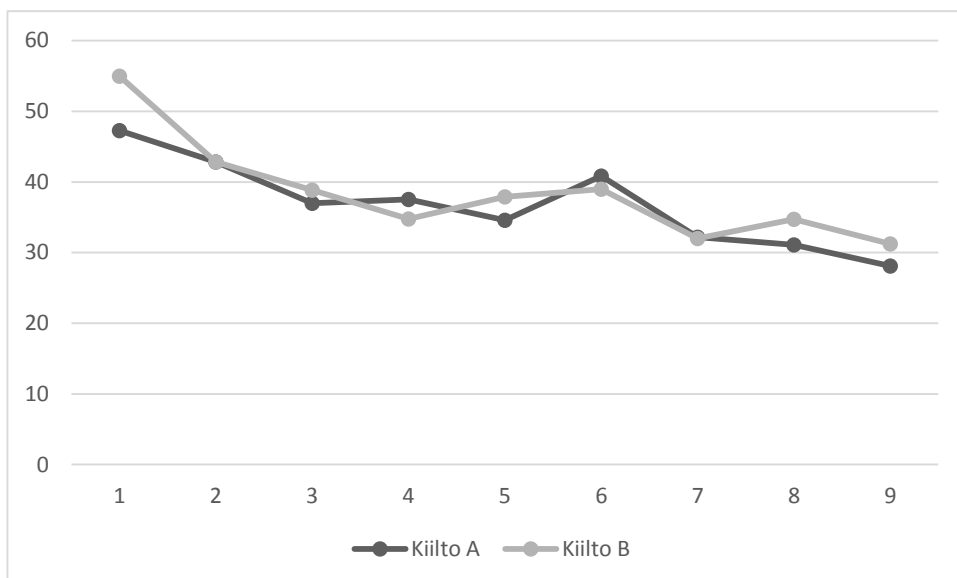
Opasiteettimittaukset tehtiin näytteen molemmilta puolilta, painetulta ja ei-painetulta pinnalta. Mittauksien mukaan painetun pinnan opasiteetin pienin arvo on 82,35 ja suurin arvo 85,75. Arvot vaihtelevat siis suuresti. Mitattaessa ei-painetun pinnan opasiteettia arvo vaihtelee välillä 74,95–78,25. Molempien pintojen opasiteetin arvot vaihtelevat kuitenkin samassa suhteessa. Mittaustulokset on havainnollistettu kuvassa 10.



Kuva 10. Testiväri 1: Opasiteettien muutokset näytteissä.

Yritys X:n pigmentin lisääminen vaikuttaa painovärin opasiteettiin suuresti.

Kiilto mitattiin kahdella eri tavalla: kiilto A mitattiin valkoista paperia vasten, kiilto B mustaa paperia vasten. Molemmat mitattiin 75 asteen kulmassa. Kuvassa 11 on havainnollistettu testinäytteiden kiillon mittaustulokset.



Kuva 11. Testiväri 1: Kiillon muutokset näytteissä.

Näyte 1:n pigmenttinä käytettiin pelkkää titaanidioksidia. Mittausten mukaan tässä näytteessä oli korkein kiilto. Lisäämällä yritys X:n pigmentti 1:n määrää painoväriin kiilto pienenee. Mitä isompi määrä pigmentti 1:tä näytteeseen lisätään, sitä alhaisemmaksi painoväriin kiilto laskee. Tulokset saatiin mittaamalla, ja ne voi nähdä silmämääräisesti.

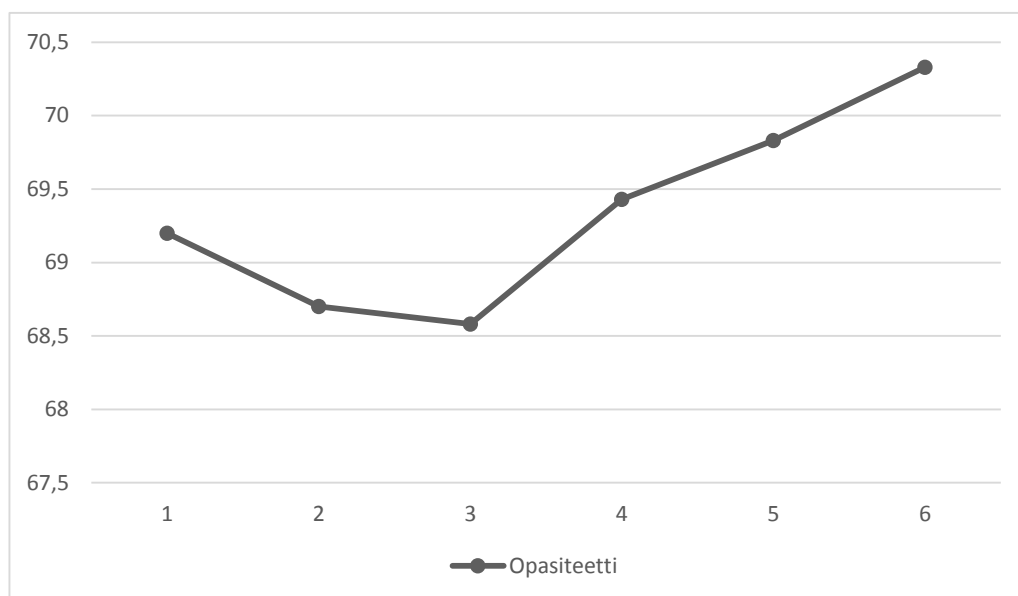
5.2 Testiväri 2 – Pigmentti 1 pintapainatukseen

Testiväri 2:n näytteet mitattiin Photovolt-testikoneella Metropolia Ammattikorkeakoulun painolaboratoriossa. Painoväriin opasiteetti ja kiilto mitattiin neljä kertaa, ja näistä laskettiin mittausten keskiarvo. Kiilto mitattiin kahdella eri tavalla 75 asteen kulmassa. Kiilto A mitattiin valkoista paperia vasten, kiilto B mustaa paperia vasten. Taulukossa 6 on esitetty painoväriinäytteiden opasiteetin ja kiillon mittaukset.

Taulukko 6. Testiväri 2: Opasiteetin ja kiillon mittaustulokset.

Testiväri 2. Värinäyte	Opasiteetti	Kiilto A	Kiilto B
1.	69,20	60,13	58,85
2.	68,70	57,93	48,55
3.	68,58	51,40	46,10
4.	69,43	43,55	40,20
5.	69,83	36,53	35,25
6.	70,33	28,53	24,85

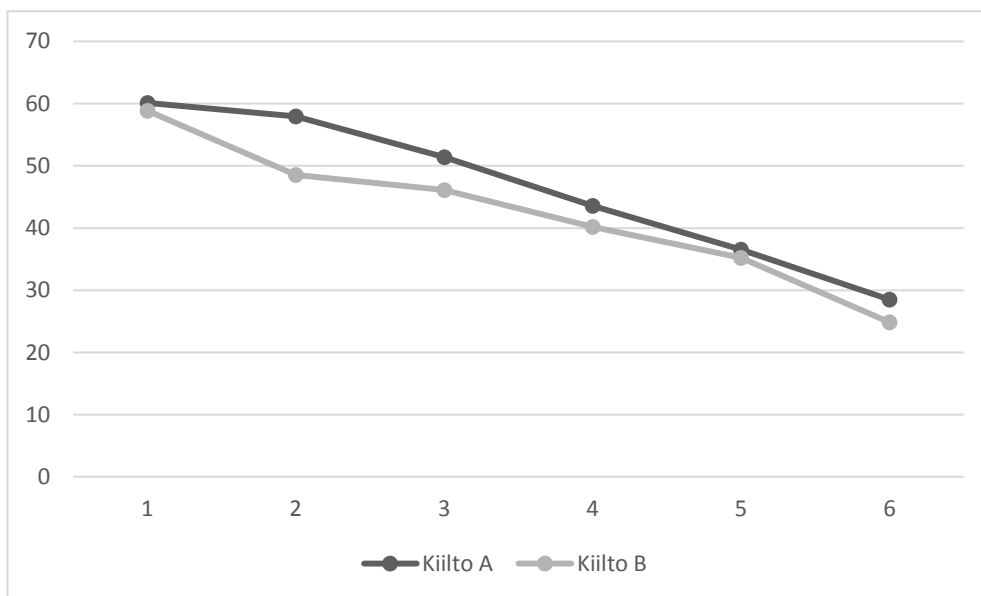
Mittauksien mukaan opasiteetin arvo vaihtelee välillä 68,58–70,33. Kuvassa 12 on havainnollistettu opasiteetin muutokset näytteissä.



Kuva 12. Testiväri 2: opasiteetin muutokset näytteissä.

Näytteissä 3–6 painoväriin opasiteetti kasvaa huomattavasti. Tästä voi päätellä, että yritys X:n pigmentti 1:n määrä vaikuttaa painoväriin opasiteettiin. Pintapainatukseen tarkoitetun väriin opasiteetit ovat paljon alhaisemmat kuin taustapainatukseen tarkoitetun väriin opasiteetit.

Näytteiden kiilto mitattiin kahdella eri tavalla 75 asteen kulmassa. Kiilto A mitattiin valkoista paperia vasten, kiilto B mustaa paperia vasten. Kuvassa 13 on havainnollistettu testiväri 2:n näytteiden kiillon muutokset.



Kuva 13. Testiväri 2: kiillon muutokset näytteissä.

Näyte 1 on pelkkää titaanidioksidia sisältävää näytettä. Mittauksen mukaan tässä näytteessä on korkein kiilto. Mitä suurempi määrä yrityksen X:n pigmentti 1:tä sisältävää väriä näytteessä on, sitä enemmän painoväriin kiilto laskee. Painoväriin kiilto laskee alle puoleen korkeimmasta arvosta, eli muutos on erittäin suuri. Tulokset saatiin mittaamalla, mutta ne voi myös nähdä silmämääräisesti.

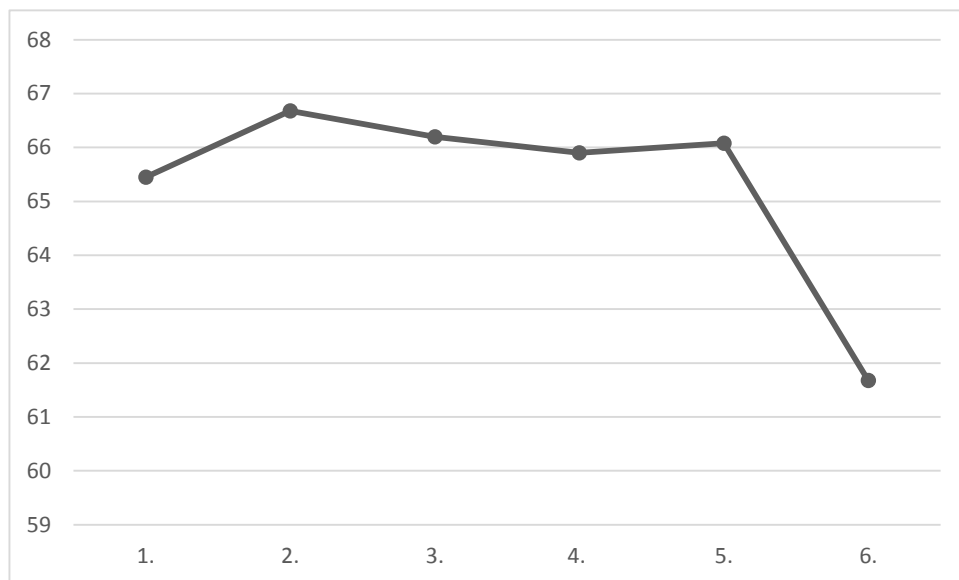
5.3 Testiväri 3 – Pigmentti 2

Testiväri 3:n värinäytteiden vaaleus mitattiin spektrofotometrillä Metropolia Ammattikorkeakoulun painolaboratoriossa. Mittaus suoritettiin neljä kertaa, minkä jälkeen laskettiin keskiarvo. Taulukossa 7 on esitetty testiväriin värinäytteiden vaaleuden mittaustulokset.

Taulukko 7. Testiväri 3: värinäytteiden vaaleus.

Testiväri 3. Värinäyte	Vaaleus
1.	65,45
2.	66,68
3.	66,20
4.	65,90
5.	66,08
6.	61,68

Silmämääräisesti ensimmäinen näyte, pelkkää väriaine A:ta, sisältävä näyte, peitti suurimman osan testialueesta. Viimeinen näyte sisälsi pelkkää testiväri B:tä. Tulokset näyttävät, että tämän näytteen vaaleus oli kaikista alhaisin. Kuvassa 14 on havainnollistettu testinäytteiden vaaleuden muutokset.



Kuva 14. Testiväri 3: vaaleuden muutokset näytteissä.

Yritys X:n pigmentti 2:n määrällä ei ole suurta vaikutusta painoväriin vaaleuteen. Silmä-määräisen arvion mukaan yli 50 %:a titaanidioksidista ei voi korvata yritys X:n pigmentti 2:lla, muuten painoväri ei peitä painettavaa pintaa. Kustannustehokkain ratkaisu olisi siis käyttää näytteiden 3 ja 4 mittasuhteita, jos painoväriin peittävyydestä ei haluta tinkiä.

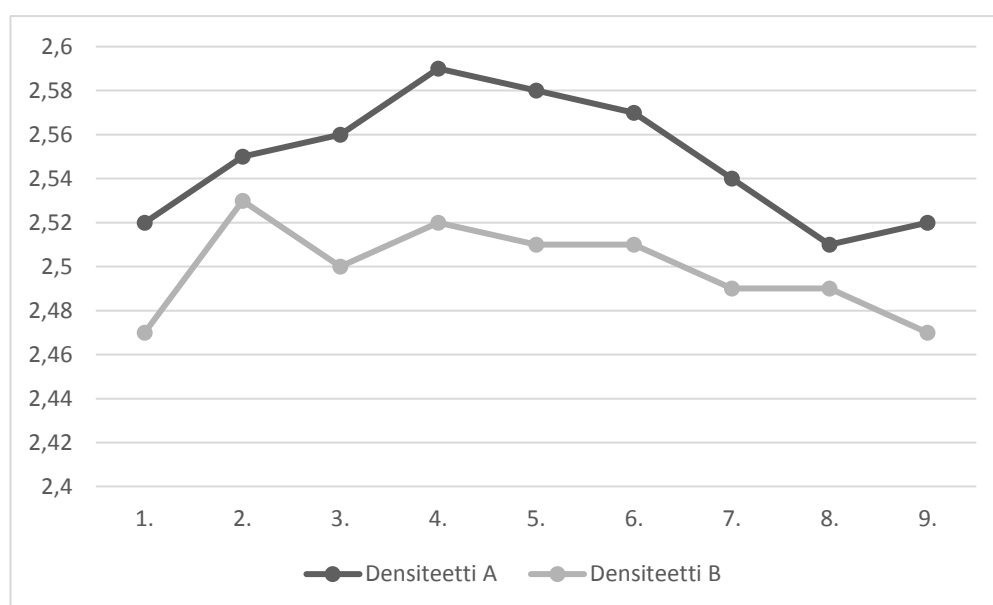
5.4 Testiväri 4 – Pigmentti 3

Testiväri 4:n näytteet testattiin testipaperin molemmilla puolille, päällystetylle ja päällystämättömälle puolelle. Painoväriin kiilto testattiin Photovolt -testikoneella Metropolia Ammattikorkeakoulun painolaboratoriossa. Kiilto mitattiin 75 asteen kulmassa, kiilto A on mitattu paperin päällystetyltä puolelta, ja kiilto B päällystämättäältä puolelta. Näytteiden densiteetit mitattiin densitometrillä, densiteetti A on mitattu paperin päällystetyltä puolelta, ja densiteetti B päällystämättäältä puolelta. Kaikki mittaukset tehtiin neljä kertaa, minkä jälkeen laskettiin näytteiden keskiarvo. Taulukossa 8 on esitetty värinäytteiden densiteetin ja kiillon mittaustulokset.

Taulukko 8. Testiväri 4:n densiteetti ja kiilto.

Testiväri 4. Värinäyte.	Densiteetti A	Densiteetti B	Kiilto A	Kiilto B
1.	2,52	2,47	77,5	15,8
2.	2,55	2,53	73,7	16,1
3.	2,56	2,50	71,6	15,1
4.	2,59	2,52	63,8	14,2
5.	2,58	2,51	59,4	13,5
6.	2,57	2,51	52,4	13,2
7.	2,54	2,49	52,9	13,2
8.	2,51	2,49	51,0	13,9
9.	2,52	2,47	53,2	13,4

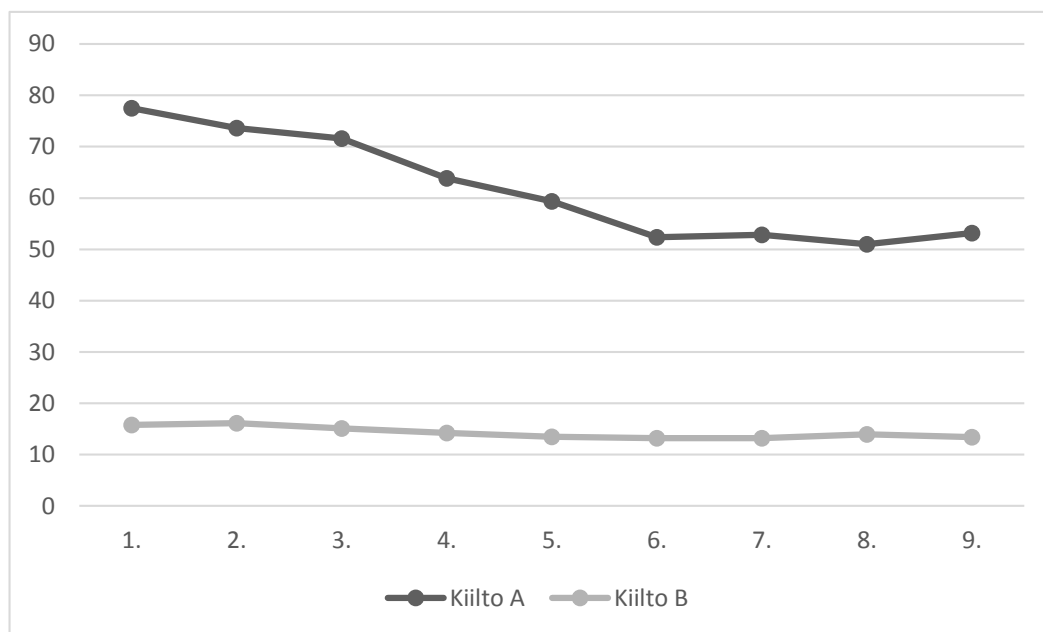
Densiteetti, painoväriin tummuus testipaperilla, on hieman alhaisempi paperin päällystämättömällä puolella. Yhden puolen densiteetti vaihteli kuitenkin hieman. Kuvassa 15 on havainnollistettu densiteetin muutokset värinäytteissä.



Kuva 15. Testiväri 4: densiteetin muutokset näytteissä.

Silmämääräisesti painetun alueen sävy vaihtelee huomattavasti. Mitä enemmän yritys X:n pigmenttiä 3:a lisätään näytteeseen, sitä enemmän painoväriin intensiteetti kasvaa.

Mittausten mukaan päällystetyn puolen kiilto laskee 77,50–50,90. Päällystämättömän puolen kiilto laskee 16,13–13,18. Kuvassa 16 on havainnollistettu testinäytteiden kiillon muutokset.



Kuva 16. Testiväri 4: kiillon muutokset näytteissä.

Testipaperin kiilto vaihtelee huomattavasti, päällystetyn puolen kiilto on paljon korkeampi kuin päällystämättömän puolen kiilto. Testinäytteiden kiillon suuri ero johtuukin juuri testipaperin päällysteestä. Painoväriin kiilto laskee, mitä enemmän yritys X:n pigmentti 3:a lisätään näytteeseen.

Päällystetylle puolelle testatessa painoväri levittyy tasaisesti näytteissä 1–5, näytteissä 6–9 painoväri ei levity tasaisesti. Häiritsevät raidat näissä näytteissä voivat johtua liian alhaisesta viskositeetista tai sitten painoväriin on reologinen ongelma. Jotta vältetään tältä ongelmalta, yritys X:n pigmentti 3:a ei pitäisi lisätä painoväriin yli 20 %:a, tai sitten painoväriin reologia pitäisi optimoida näytteiden teossa. Tämä saattaisi auttaa saavuttamaan tasaisen ja hyvän laatuksen painojäljen. Mittaukset osoittivat, että tulos on sama päällystämättömälle puolelle painettaessa.

6 Yhteenveto

Painoteollisuus elää selkeässä murroksessa, perinteisten painotuotteiden, kuten lehtien ja kirjojen painomäärät ovat laskeneet ja laskevat tulevaisuudessa digitalisaation myötä. Pakkausteollisuus on selkeä tulevaisuuden ala, ja jos yritykset haluavat tuottaa voittoa, niiden on mentävä sinne missä markkinat ovat.

Työssä tutustuttiin painoväreihin ja erityisesti painoväripigmentteihin ja etsittiin kalliille, mutta hyvin laadukkaalle titaanioksidille korvaavaa valkoisen painoväripigmentin lähdetä.

Testauksessa kävi ilmi, että yritys X:n pigmentit alentavat painovärin kiiltoa ja titaanidioksidi nostaa värin kiiltoa. Titaanioksidi näytti kaikissa näytteissä tuovan parhaan tuloksen, mutta vähäinen titaanioksidin korvaaminen yritys X:n pigmenteilla tuo hyviä tuloksia. Titaanioksidia ei pitäisi korvata yli 20 %:a, muuten laatu kärsii huomattavasti.

Pigmentti 1:stä pintapainatukseen valmistetun värin opasiteetti oli alhaisempi kuin samasta pigmentistä valmistettu väri, joka oli tarkoitettu taustapainamiseen. Taustapainamiseen tarkoitetussa värissä tämä on hyvä asia, koska sen pitää pystyä peittämään tausta kokonaisuudessaan. Pigmentti 2:n testaus tässä määrin ei antanut paljoa tuloksia. On selvää, että pigmentti 2 ei voi kokonaan korvata titaanioksidia, mutta sitä voi korvata isommissa määrin kuin muita pigmenttejä.

Pigmentti 3:n testiväreissä painovärin kiillon ja densiteetin muutoksen näkyvät helposti silmämääräisesti. Mittaustuloksia ei tarvitse tarkastella lähemmin, koska tulokset näkyvät selkeästi painolaadussa. Jos painovärin kiillon ja densiteetin ei tarvitse olla korkea, pigmentti 3:n määrää voi huoletta lisätä, ei kuitenkaan yli 20 %:a. Jos painotuotteessa tulee olla korkea kiilto, on pigmentin lisääminen pidettävä pienissä määrissä.

Testeissä kävi ilmi, että titaanioksidia ei voi korvata kokonaan, mutta kustannustehokas ratkaisu olisi korvata pieni määrä esimerkiksi yritys X:n pigmenteilla.

Lähteet

- 1 Viluksela, Pentti; Ristimäki Seija; Spännäri Toni. 2010. Painoviestinnän tekniikka. Helsinki: Opetushallitus.
- 2 Inks and coatings. 2014. Materiaalimoniste. Yritys X.
- 3 Thompson, Bob. 1998. Printing Materials: Science and Technology. Pira International.
- 4 Oittinen, Pirkko; Saarelma Hannu. 2009. Print Media - Principles, Processes and Quality. Second Edition. Jyväskylä: Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy.
- 5 Todd, Ronald E. 1994. Printing inks Formulation principles, manufacture and quality control testing procedures. UK: Pira International.
- 6 Leach, R. H.; Pierce, R. J.; Hickman E. P.; Mackenzie M. J.; Smith, H. G. 1996. The Printing Ink Manual. 5th ed. Netherlands: Springer.
- 7 Johansson, Kaj; Lundberg, Peter; Ryberg, Robert. 2007. A Guide to Graphic Print Production. Second Edition. John Wiley & Sons.
- 8 Printing industry. 2013. Verkkodokumentti. European Commission. <http://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/forest-based/printing/index_en.htm> Luettu 10.3.2016.
- 9 Gravure Responds to 21st Century Market Pressure. 2014. Verkkodokumentti. Labels & Labeling. <<http://www.packprintworld.com/news/latest/gravure-responds-21st-century-market-pressure>> Luettu 10.3.2016.
- 10 Katz, Steve. 2014. Flexo Printing. Verkkodokumentti. Label and Narrow Web. <http://www.labelandnarrowweb.com/issues/2014-03/view_features/flexo-printing/> Luettu 7.4.2016.
- 11 Page, Adam. 2011. Global Print Markets to 2016. Verkkodokumentti. Slideshare. <<http://www.slideshare.net/adampage1976/global-print-markets-to-2016>> Luettu 11.3.2016.
- 12 A Growing Market and New Regulations Drive Flexo Label Printing Growth. 2013. Verkkodokumentti. Flexo Daily. <<http://flexodaily.andersonvreeland.com/a-growing-market-and-new-regulations-drive-flexo-label-printing-growth>> Luettu 11.3.2016.

- 13 The Future of Flexographic Printing in a Digital World: market forecasts to 2019. 2014. Verkkodokumentti. Smithers Pira. <<http://www.smitherspira.com/products/market-reports/printing/flexography/flexographic-printing-future-in-a-digital-world>> Luettu 29.3.2016.
- 14 Dyes and Pigments Market - Dyes (Reactive, Disperse, Acid, Direct, Basic, VAT), Organic Pigments (Azo, Phthalocyanines, High Performance) & Inorganic Pigments (TiO₂, Iron Oxide, Carbon Black & Others) - Global Trends & Fore-cast to 2018. 2014. Verkkodokumentti. Markets and Markets. <<http://www.marketsand-markets.com/Market-Reports/colorants-tinting-systems-paints-coatings-market-875.html>> Luettu 11.3.2016.
- 15 Global Printing Inks Industry Analysis. 2013. Verkkodokumentti. Report Linker. <<http://www.reportlinker.com/ci02371/Printing-Inks.html>> Luettu 11.3.2016.
- 16 Market Study: Printing Inks – World. 2013. Verkkodokumentti. Ceresana. <<http://www.ceresana.com/en/market-studies/industry/printing-inks-world/ceresana-market-study-printing-inks-world.html>> Luettu 12.3.2016.
- 17 Klebaur, Bridget. 2014. The Pigment Report. Verkkodokumentti. Ink World. <http://www.inkworldmagazine.com/issues/2014-03-01/view_features/the-pigment-report-905861/> Luettu 12.3.2016.
- 18 Vedostuslaitteet (RK Print). 2016. Verkkodokumentti. YTM. <<http://www.ytm.fi/tuotteet/mittaus-testaus-ja-tyoturvallisuus/mittaus-ja-testaus-laitteet/vedostuslaitteet-rk-print/>> Luettu 10.3.2016.