

TEKSTIILIEN DIGITAALINEN MUS- TESUIHKUTULOSTUS

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekstiili- ja vaateustekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2009
Sonja Lindqvist

Lahden ammattikorkeakoulu
Tekniikan ala

SONJA, LINDQVIST: TEKSTILIEN DIGITAALINEN MUSTESUIHKU-
TULOSTUS

Tekstiili- ja vaatetustekniikan opinnäytetyö, 72 sivua, 2 liitesivua

Kevät 2009

TIIVISTELMÄ

Tämän Lahden ammattikorkeakoululle tehdyn opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia digitaalisen tulostuksen eri menetelmiä ja tulostamisen soveltuvuutta eri tekstiilimateriaaleille. Digitaalisen tulostimen hankintaa ajatellen työssä kartoitetaan myös markkinoilla olevia tulostimia ja hankinnassa huomioon otettavia muita asioita.

Teoriaosuudessa selvitetään muun muassa digitaalisessa tulostuksessa käytettävät eri tulostusmenetelmät ja verrataan niitä perinteisiin painomenetelmiin. Tulostusväreiltä vaadittavat ominaisuudet selvitetään omassa luvussaan. Digitaalisen tulostimen hankintaan liittyen käydään läpi myös tulostimien toimintaa, ominaisuuksia sekä valmistajia. Teoriaosuudessa selvitetään myös työnkulku digitaalisessa tulostuksessa: kuvan ja tekstin syöttö ja käytetyt muodot sekä tuotteen valmistaminen aina suunnittelusta lähtien, johon kuuluu muun muassa trendien seuranta ja kuluttajalähtöistä ajattelua.

Kokeellisessa osiossa perehdytään kahteen erilaiseen digitaaliseen tulostimeen, yhteistyössä Metropolia ammattikorkeakoulun ja Kirena Oy:n kanssa. Tulostimilla tulostetaan eri tekstiilimateriaaleille ja testataan esim. niiden pesun- ja hankauksen kesto. Kirena Oy:ssä käytössä oleva UV-väreillä toimiva tulostin on Zünd UVjet 215 ja toinen Metropolia ammattikorkeakoulun reaktioväreillä tulostava Stork Amber -mustesuihkutulostin. Testien avulla pystytään havaitsemaan mahdollisia tulostusjälkeen vaikuttavia eroja, jotka johtuvat muun muassa pohjamateriaaleista. Avainsanat: Digitaalinen tulostaminen, tekstiili, digitaalinen painaminen, tekstiileille tulostaminen

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

LINDQVIST, SONJA: The Digital printing of Textiles

Bachelor's Thesis in Textile and Clothing Technology, 72 pages, 2 appendixes

Spring 2009

ABSTRACT

The purpose of this thesis, commissioned by Lahti University of Applied Sciences, was to explore the different methods of digital printing and the suitability of digital printing for different textile materials. Commercially available printers and issues related to their acquisition are also covered.

In the theory section, different methods used in digital printing are investigated and compared to traditional printing methods. Ink jet colors and their requirements are covered in their own chapter. The functionality, features and manufacturers of digital printers in relation to their acquisitions are looked into in the theory section. The workflow in digital printing is also covered; the input of images and text and the formats used. The manufacturing process of a product starting from designing is reviewed in this section as well.

In the experimental section, two different digital printers will be taken a closer look into. These printers are used for test printing on different textile materials as well as for other tests, such as wash and friction durability. Digital printers were tested in cooperation with Metropolitan University of Applied Sciences and Kirena Oy. Kirena's Zünd UV jet 215 was equipped with UV inks and Metropolia's Stork Amber with reactive inks. These tests made it possible to detect the differences in print results that are caused by different materials used.

Keywords: digital printing, textile, printing, textile digital printing,

ALKUSANAT

Suuri kiitos Kirena Oy:lle siitä, että pääsin tutustumaan yritykseen ja sain perehtyä ja tulostaa digitaalisella tulostimella opinnäytetyöhöni liittyviä testauskuvia. Erityinen kiitos Joni Semerille, joka jaksoi vastata lukuisiin kysymyksiini ja avustaa minua tulostuksen kanssa.

Haluan kiittää myös Metropolian Tikkurilassa sijaitsevaa muotoilun laitosta. Olen kiitollinen siitä, että sain tulostaa opinnäytetyöhöni liittyviä testauskuvia Stork Amber -tulostimella. Erityinen kiitos Tuomas Tiitiselle.

Kiitokseni kuuluvat myös Ilmakunnas Oy:n Oskari Engblomille, Sesoma Oy:lle sekä Tekstiili- ja vaatetustekniikan yliopettajalle ja valvovalle opettajalleni Lea Heikinheimolle.

Espoossa 29.5.2009

Sonja Lindqvist

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | DIGITAALINEN MUSTESUIHKUTULOSTUS | 2 |
| 2.1 | Digitaalisen tulostamisen kehitys | 2 |
| 2.2 | Perinteinen kankaanpainanta | 3 |
| 2.3 | Perinteinen kankaanpainanta verratessa digitaaliseen tulostukseen | 5 |
| 2.4 | Mustesuihkutulostuksessa käytettävät menetelmät | 10 |
| 2.4.1 | Pisara käskystä (DOD) | 11 |
| 2.4.2 | Lämpömustesuihkutulostus | 12 |
| 2.4.3 | Pietsomustesuihku | 13 |
| 2.4.4 | Elektrostaattinen suihku | 15 |
| 2.4.5 | Jatkuvatoiminen mustesuihku (CIJ) | 15 |
| 2.5 | Tulostuslaatu | 16 |
| 3 | TULOSTUSVÄRIT TEKSTILEILLE TULOSTETTAESSA | 18 |
| 3.1 | Tekstiilivärien vaatimuksia | 18 |
| 3.2 | Tulostusvärit | 18 |
| 3.2.1 | Reaktiivärit | 19 |
| 3.2.2 | Happovärit | 20 |
| 3.2.3 | Dispersiivärit | 20 |
| 3.2.4 | Pigmenttivärit | 20 |
| 3.3 | UV-tulostus | 21 |
| 4 | DIGITAALISTEN TULOSTIMIEN TOIMINTA, OMINAISUUDET JA VALMISTAJAT | 23 |
| 4.1 | Digitaalisten mustesuihkutulostimien toimintaperiaate | 23 |
| 4.1.1 | Tulostussuunta ja kankaan ohjaus | 23 |
| 4.1.2 | Tulostusnopeus | 24 |
| 4.1.3 | Kankaan leveys | 25 |
| 4.1.4 | Suorituskyky | 26 |
| 4.2 | Valmistajat | 27 |
| 4.2.1 | Digitaaliset tulostimet | 27 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.2.2 | Digitaalisten tulostimien vertailu | 27 |
| 4.2.3 | Tulostuspäät ja suuttimet | 28 |
| 5 | TYÖNKULKU DIGITAALISESSA TULOSTUKSESSA | 30 |
| 5.1 | Kuvan ja tekstin syöttö ja muodot | 30 |
| 5.2 | Värien esittäminen digitaalisessa muodossa | 31 |
| 5.2.1 | Rasterointi | 32 |
| 5.2.2 | Värinhallinta ja värin mittaaminen | 33 |
| 6 | SUUNNITTELUSTA VALMIIKSI TUOTTEEKSI | 35 |
| 6.1 | Suunnitteluprosessi | 35 |
| 6.1.1 | Trendien seuranta | 36 |
| 6.1.2 | Kuluttajalähtöinen ajattelu ja työn räätälöinti | 37 |
| 6.2 | JIT (just-in-time) -toimintamalli | 37 |
| 7 | STORK AMBER -MUSTESUIHKUTULOSTIN | 39 |
| 7.1 | Väripäät ja värin kuljetus | 40 |
| 7.2 | Tulostaminen Amber-mustesuihkutulostimella | 40 |
| 7.3 | Tulostusnopeus | 41 |
| 7.4 | Tulostussuunta ja kankaan ohjaus | 42 |
| 7.5 | Tulostuksessa käytettävät musteet | 43 |
| 7.6 | Tulostuskankaat | 43 |
| 7.6.1 | Esikäsitteily | 44 |
| 7.6.2 | Jälkikäsitteily | 44 |
| 8 | ZÜND UVJET 215 -MUSTESUIHKUTULOSTIN | 46 |
| 8.1 | Väripäät ja värin kuljetus | 46 |
| 8.1.1 | Valkoinen väri | 49 |
| 8.2 | Tulostuskerrat eli pass- toiminto | 49 |
| 8.3 | Huomioitavaa tekstileille tulostettaessa | 51 |
| 9 | DIGITAALISEN TULOSTIMEN HANKINTA | 52 |
| 9.1 | Käyttötarkoitus | 52 |
| 9.2 | Tulostusvärit | 53 |
| 9.2.1 | Valkoinen väri | 53 |
| 9.2.2 | Värien määrä tulostimessa | 54 |
| 9.3 | Tulostuskankaat | 54 |

| | | |
|--------|--|----|
| 9.4 | Budjetti | 54 |
| 10 | STORK AMBER JA ZUND UVJET-215 -TULOSTIMILLA SUORITETUT TESTAUKSET JA TESTAUSTULOKSET | 56 |
| 10.1 | Stork Amber | 56 |
| 10.1.1 | Tulostuksessa käytetyt testauskankaat | 56 |
| 10.1.2 | Testi 1: tuntuominaisuuksien testaus | 57 |
| 10.1.3 | Testi 2: värieron visuaalinentestaus | 58 |
| 10.2 | Zünd UVjet 215 | 59 |
| 10.2.1 | Tulostuksessa käytetyt testauskankaat | 59 |
| 10.2.2 | Testikankaille suoritettut testit | 60 |
| 10.2.3 | Pesunkesto | 61 |
| 10.2.4 | Pesunkestotestien tulokset ja niiden tarkastelua | 62 |
| 10.2.5 | Hankaustesti | 64 |
| 10.2.6 | Tulostusjäljen vertailu eri pohjamateriaaleissa | 67 |
| 11 | YHTEENVETO | 69 |
| 12 | LÄHTEET | 71 |
| 13 | LIITTEET | 73 |

1 JOHDANTO

Digitaalisen tulostuksen eri menetelmät ovat tulleet markkinoille ryminällä, ja tekstiiliteollisuuden alkuvaiheen epäröinti on muuttunut suureksi kiinnostukseksi digitaalista tulostusta kohtaan. Nykyään pienien tuotantoerien ja mallikappaleiden tulostaminen digitaalisesti on monelle yritykselle arkipäivää.

Digitaaliset tulostimet pohjautuivat alkujaan paperille tulostaviin tulostimiin, mutta tekstiileille tulostaminen vaatii tulostimelta ja sen väreiltä kuitenkin paljon enemmän. Materiaalina tekstiili vaatii myös omanlaisensa kuljetusolosuhteet ja eri tekstiilimateriaalit vaativat usein juuri tietynlaiset tulostusvärit. Tuotannossa on myös otettava huomioon useimmille tekstiileille tehtävät pakolliset esi- ja jälkikäsittelyt. Digitaalisesti tekstiileille tulostetaan yleensä valokuvista, tekstistä ja vapaalla kädellä tehdyistä taideteoksista koostuvia kuva-aiheita.

Tämän työn kirjallisessa osiossa tarkoituksena on antaa lukijalle peruskäsitys digitaalisen tulostuksen eri menetelmistä ja tulevaisuuden mahdollisuuksista. Tutkimusosuudessa perehdytään kahteen erilaiseen, sekä reaktio- että UV-väreillä tulostavaan digitaaliseen tulostimeen. Tutkimusosuudessa kyseisillä tulostimilla tulostettuja testauspaloja tarkasteltiin visuaalisesti ja niille tehtiin pesu- että hankaus-testit. Digitaalisen tulostimen hankinnan lisäksi perehdytään markkinoilla oleviin tulostimien, värien ja lisälaitteiden valmistajiin.

2 DIGITAALINEN MUSTESUIHKUTULOSTUS

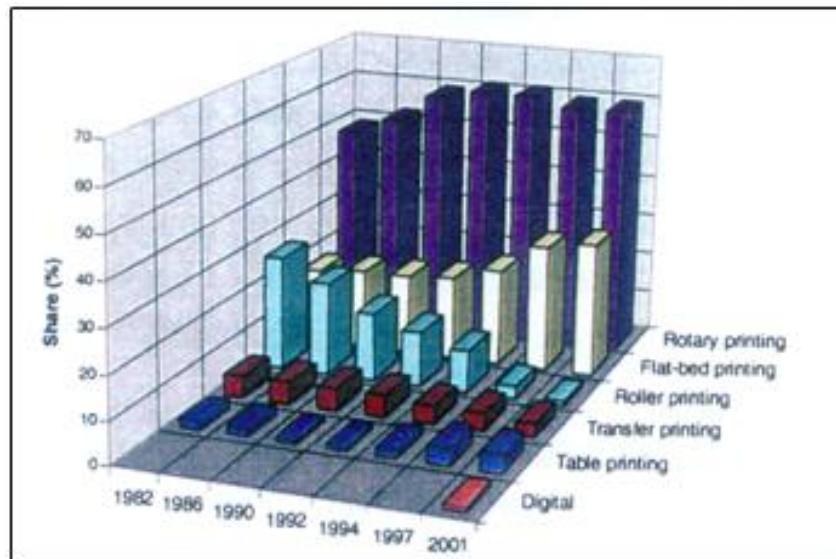
2.1 Digitaalisen tulostamisen kehitys

Viimeisen 20 vuoden aikana digitaalinen vallankumous on saapunut ja koskettanut meidän jokaisen elämää. Ensimmäiset tekstiille tarkoitetut mustesuihkutulostimet ilmaantuivat markkinoille 25 vuotta sitten. Silloiset tulostimet olivat epätarkkoja, vain noin 25dpi (dots per inch), ja pääosin tarkoitettu matoille tulostamiseen. (Miles 2003, 301.) Matoille tulostamiseen tarkoitetun menetelmän kehittäjä Milliken USA:ssa 1970-luvulla, ja se julkaistiin vuonna 1975 nimellä Milliken Millitron (Ujii 2006, 3; Tyler 2005, 3.)

Tulostimien muuntaminen tekstiille soveltuviksi lisäsi haastetta ja alussa sen katsottiin olevan turhaa ja jopa mahdotonta. Muihin pohjamateriaaleihin verrattuna kankaat vaativat usein erilaisia esi- ja jälkikäsitteilyjä ja värien tulee olla juuri tietyille kankaille sopivia, jotta ne imeytyisivät oikeaoppisesti kankaaseen. Tarvittavan värimassan määrä vaihtelee materiaalin pintaominaisuuksien sekä pohjakankaan värinimukyvyn mukaan. Tulostuksen haasteita lisäävät myös kankaiden jatkokäyttöön liittyvät vaatimukset, jotka tulee ottaa huomioon jo tulostusvaiheessa. Toivotun lopputuloksen saavuttaminen on digitaalisessa tekstiilitulostuksessa monen asian summa, verrattaessa esimerkiksi paperille tulostamiseen (Tyler 2005, 5.)

Digitaalinen tulostaminen mahdollistaa ennen kaikkea pienten sarjojen ja kustomoitujen kuvioden tulostamisen vaivattomammin kuin aikaisemmin käytetyillä perinteisillä painomenetelmillä. Digitaalinen tulostus antaa perinteiseen painamiseen verrattaessa mahdollisuuden tulostaa pieniä sarjoja ilman kalliita ja aikaa vieviä kaavioita. Yksi suurimmista läpimurroista oli tekstiille tarkoitetun suunnitteluohjelman julkaiseminen. Tulostaminen erikoispohjamateriaaleihin ja pieniin mallistoeriin alkoi samoihin aikoihin. Kuluttajien ja yritysten halu saada räätälöityjä ja uniikkeja teok-

sia kotiin, toimistoon ja mallistoihin kasvoi. Vuonna 2001 tulostettiin 200- 300 miljoonaa neliötä kangasta digitaalisella tekstiilin tulostuksella, joka on vain 1% painetusta kokonaismäärästä. Digitaalisen tulostamisen vuosittaisen kasvun oletetaan nousevan jopa 150 %, kun taas perinteisen painamisen vuosittainen kasvu on enää noin muutaman prosentin vuodessa. (Helminen 2005, 8-9.)



KUVIO 1. Painomenetelmien kehitys maailmassa. (Helminen 2005, kuva 1, 9.)

Digitaalinen tulostaminen on kehittynyt viimeisten vuosien aikana huimasti ja 2000-luvulta alkaen vedosten ja pienten sarjojen tekeminen on siirtynyt lähes kokonaan pois perinteisistä kangaspainoista digitaaliseen tulostamiseen.

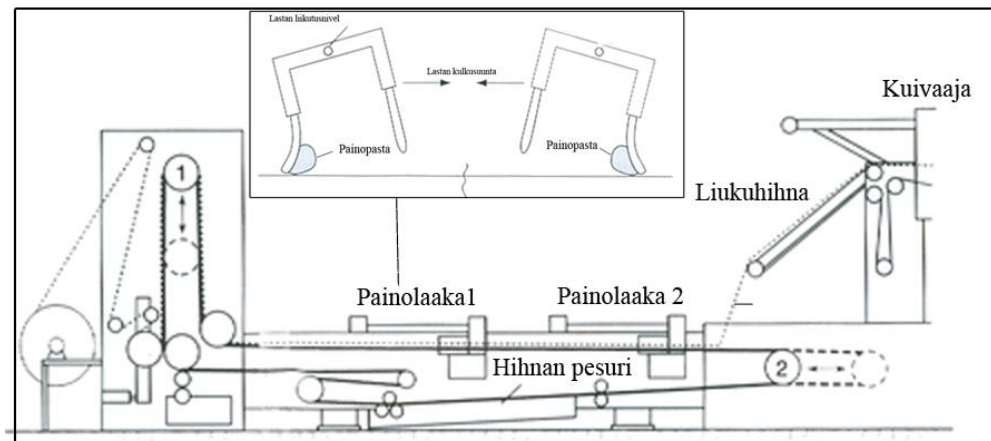
2.2 Perinteinen kankaanpainanta

Perinteiset kankaanpainantamenetelmät ovat saaneet kilpailijakseen digitaalisen tulostamisen. Perinteisiä teollisia kankaanpainomenetelmiä ovat siirtopainanta sekä kaaviopainanta (eli filmipainanta), jonka kaksi eri tekniikkaa on laakapaino ja rotaatiopaino. (Forss 2000, 100.) Laakapaino ja rotaatiopaino ovat suurimpia digitaalisen tulostuksen kilpailijoita.

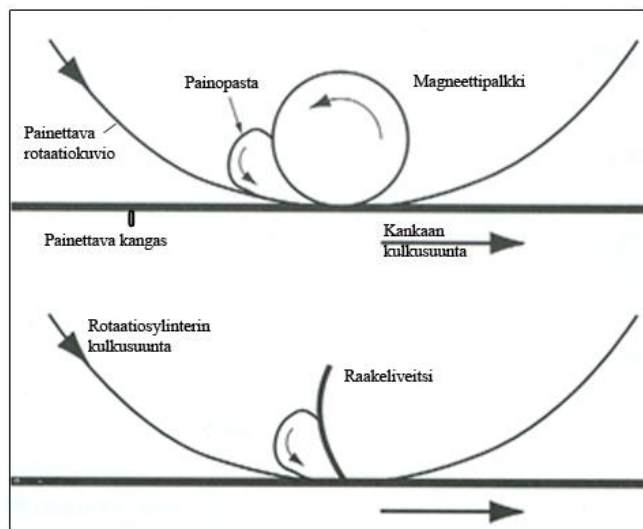
Siirtopainannassa painettavaa kuviota ei paineta suoraan tekstiilille, vaan ensiksi esimerkiksi paperille, josta se siirretään tekstiilille. Laakapainossa painetaan haluttu

kuvio pohjamateriaaliin painokaavioiden avulla. Painettavan kuvion ala ja ei-painettava ala ovat samalla tasolla. Pinnat eroavat toisistaan pintaenergioiden takia vettä hylkiviin ja vastaanottaviin pintoihin. Painokangas liikkuu nykyäksittäin aina silloin kun kaavio nostetaan ja lasketaan uuteen kohtaan. Kuviossa käytettävien värien mukaan, jokaisella värillä on oma kaavionsa ja siten oma painoasemansa. Laakapainossa on yleensä kymmenen väriä, mutta joissakin koneissa niitä on jopa kaksikymmentä. Haluttu kuvio valotetaan kaavion pintaan, ja painamisessa käytettävä värimassa sekoitetaan sopivaksi ennen painamista. Itse painaminen tapahtuu laakojen ollessa alhaalla kankaan pinnassa, ja värimassa levitetään laa'alle kumipintaisten lastan avulla, jota sanotaan myös raakeliksi. Kangas liimataan painomattoon kiinni sen tultua suoristus- ja puhdistuslaitteista. Raporttien, eli yhden painettavan kuvion pituudet, ovat yleensä 100- 600 cm. Painoleveydet vaihtelevat 150- 320 cm välillä. Painamisen jälkeen tapahtuu kuivattaminen, jonka jälkeen tehdään mahdolliset kiinnitys- ja viimeistelykäsittelyt. Kaavioit tehdään aina kun uusi kuosi painetaan testikankaalle, vaikka se ei ikinä päätyisi tuotantoon asti. Kaavioitten teko on lisäksi kallista ja aikaa vievää. (Miles 2003, 25; Helminen 2001, 7.)

Rotaatiopainossa taas haluttu kuvio painetaan kankaalle rotaatioaihion ympärillä olevan kuvion mukaisesti. Rotaatiopainossa pystytään painamaan saumatonta kuviota. Rotaatioaihio pyörii kankaan päällä, jonka sisään pumpataan värimassa. Kankaan syöttö, liimaus ja kuivaus tapahtuvat samalla periaatteella kuin automaattisessa laakapainossa. Kaavion sisällä on teräksinen raakeliveitsi ja magneettipalkki, jotka pakottavat värimassan ulos painettavaan pintaan. Rotaatiokoneilla saavutetaan korkea painonopeus aina 100 m/min asti, yleensä ajonopeus pysyy kuitenkin n.15- 30 m/min. Raportin pituus on yleensä 64 cm, sillä suurien rotaatioaihioden teettäminen on suhteellisen kallista. Teollisessa tuotannossa erityisesti rotaatiopainossa mallin ja värin vaihdosta aiheutuvat pitkät seisokit. Kohdistamiseen hukkaantuva aika ja materiaali ovat olleet suurin ongelma. Näitä epäkohtia on pyritty parantamaan automaattisilla kuvion kohdennuslaitteilla, jotka muistavat edellisen laakan kohdan ja asettavat automaattisesti seuraavan oikeaan kohtaan. (Helminen 2001, 7-8.)



KUVIO 2. Laakapainon painoprosessi (Miles 2003, 25.)



KUVIO 3. Rotaatiopainon painoprosessi (Miles 2003, 34.)

2.3 Perinteinen kankaanpainanta verrattuna digitaaliseen tulostukseen

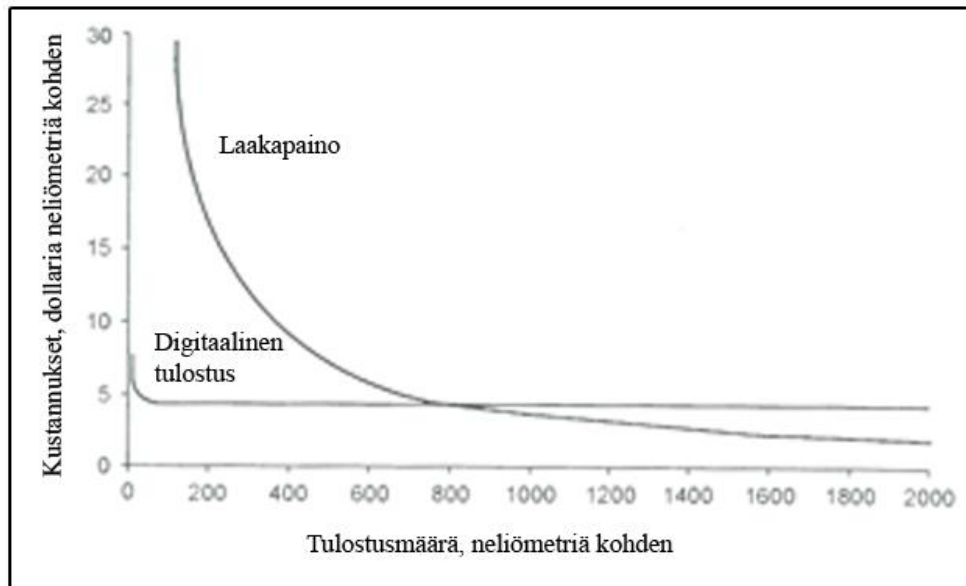
Perinteisen kankaanpainamisen ja digitaalisen tulostuksen erot ovat nähtävissä entistä selkeämmin. Digitaalinen tulostaminen lyhentää aikaa ja vähentää kuluja, sillä suurin osa tulostamisen esivalmisteluista, kuten kaavioiden valmistus ja värien sekoitus jäävät pois. Perinteisten painolaitteiden vaatimat isot painotilat eivät ole tarpeen digitaalisesti tulostettaessa, sillä tulostin ei tarvitse tilaa käytännössä kuin itsensä verran. Laakapainossa painokehykset ja rotaatiopainossa painokapselit vaati-

vat myös suuria varastotiloja, kun taas digitaalisessa tulostamisessa työt säilyvät tietokoneilla digitaalisessa muodossa. Tilaa säästyy myös tulostusvaiheessa, sillä digitaalisesti tulostettaessa tulostettavaa kangasta ei tarvitse kuivattaa erikseen tulostuksen jälkeen, vaan se on kuiva heti tulostuksesta tultuaan. Yleensä tulostettu kangas rullataan suoraan valmiille rullalle, jollaisena se toimitetaan suoraan ostajalle. Laakapainossa ja rotaatiopainossa painojäljen kiinnittämiseen, ja kuivattamiseen kuluu runsaasti aikaa ja tilaa. Digitaalisen tulostuksen tulostusnopeudessa on vielä suuresti parantamisen varaa verrattaessa laaka- ja rotaatiopainoihin. Monelle laakapaino tulee aina olemaan ainoa oikea kankaanpainamisen tapa. Eikä se tule katoamaan kokonaan vielä pitkään aikaan.

Verrattaessa keskenään perinteistä laakapainoprosessia ja digitaalista tulostusprosessia saadaan uudenlainen käsitys tulevaisuuden kankaan painannasta. Laakapainossa jokaiselle kuviolle tehdään oma painokaavio, jonka tekemiseen menee aikaa. Painokaaviokehukseen levitetään emulsiota, joka estää kaaviokehysten UV -valon aiheuttaman reaktion näiltä kohdilta, jonka avulla verkkomaiseen pintaan saadaan emulsion avulla kuvion muoto. UV-valotuksen jälkeen kaavio huuhdellaan ylimääräisen pinnoitteen poistamiseksi emulsion alta. Huuhtelun jälkeen kohdat joissa oli emulsiota, läpäisevät nyt väriä kankaaseen painettaessa. Huuhtelun jälkeen on tärkeää että kaavio kuivuu täysin, jotta läpäisevät kohdat jäävät avoimeksi. Tämän jälkeen jokaista laakapainokehystä pystyy käyttämään kuvion saamiseksi kankaalle. Kun värimassa on painettu kaavion läpi kankaaseen, tulee kangas viedä kuumaan uuniin, jotta väri kiinnittyisi sen pintaan.

Kaavioitten teon jälkeen käydään läpi, mitkä kuvioista myisivät ennustettavien trendien mukaan. Kun tuotantoon menevät kuosit saadaan valittua, on aika haastavimmalle osiolla eli värien sekoituksille ja valinnoille. Jokaiselle värille tulee tehdä vielä kuvion mukaan oma kaavio, jonka avulla kuvion jokainen väri painetaan sen oman kaavion läpi. Kun oikeat värisävyt saadaan valittua ja kaaviot kyseisille väreille tehtyä, jäljelle jää painaminen. Kaavion tekeminen jää pois kankaalle digitaalisesti tulostettaessa, mikä säästää aikaa ja rahaa. Samalla kuosit, jotka eivät päädy tuotantoon asti, eivät synnytä ylimääräisiä kustannuksia. Digitaaliseen tulostukseen verrattaessa perinteinen painaminen, kuten laakapainokin on digitaaliseen tulostuk-

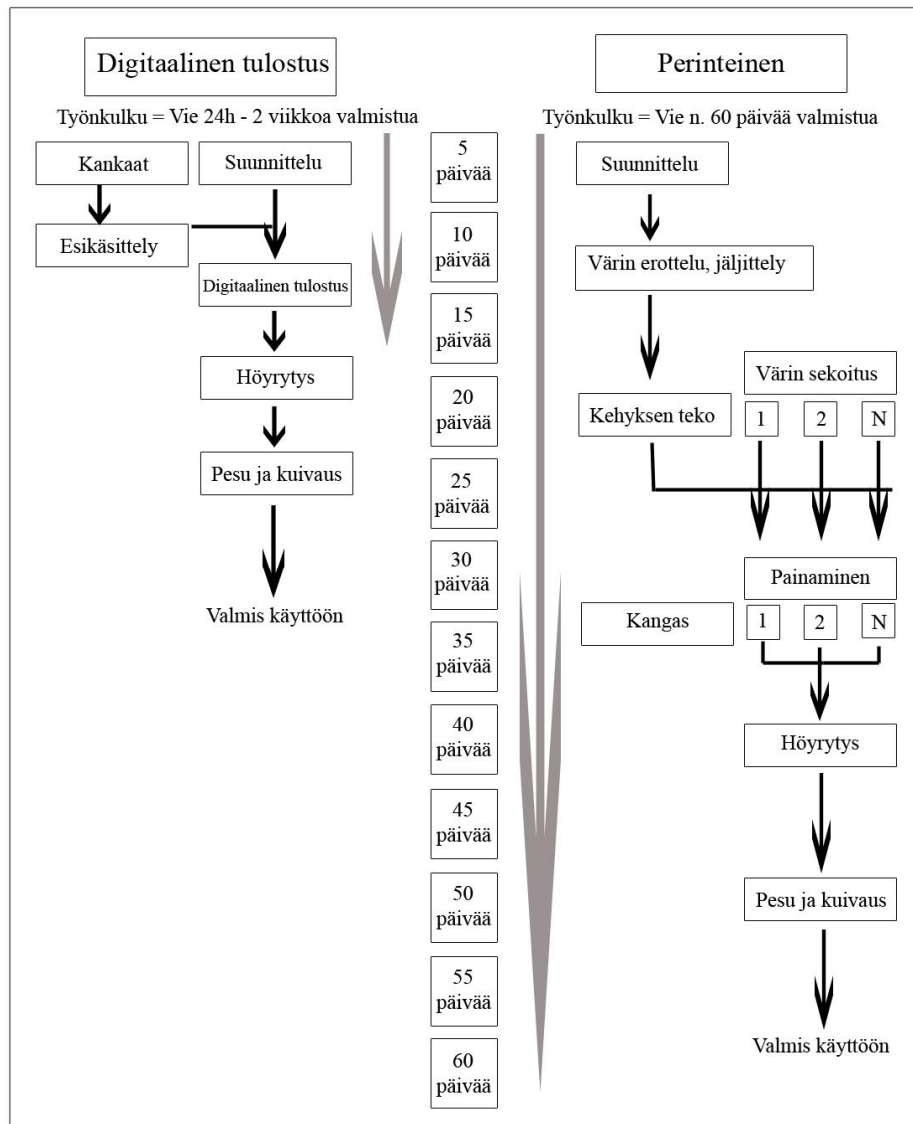
seen verrattaessa tuotannon alkuvaiheessa huomattavasti laakapainoa kustannustehokkaampi, kuten kuviosta 4 nähdään.



KUVIO 4. Laakapainon ja digitaalisen tulostuksen kustannustehokkuus (Ujii 2006, 70.)

Perinteisessä painamisessa painamisprosessi vaatii käsin tehtynä ammattitaitoa ja tarkkuutta, sillä kaavioille ladattavan värimassan määrä vaikuttaa sekä värin sävyyn että painojälkeen. Tuotannon tasaisuuden takaamiseksi värisävyjen tulee pysyä tasaisena, eikä suuria sävyvaihteluita sallita.

Tähän asti kuvattu prosessi perinteisellä painomenetelmällä toteutetaan digitaalisesti seuraavasti. Prosessi alkaa tietokoneelta, jolla erilaisten suunnitteluohjelmien avulla suunnitellaan haluttu kuvio ja valitaan samalla kuvioon käytettävät värit. Valmis kuvio tallennetaan digitaalisen tulostimen tukemaan formaattiin, yleensä TIFF -formaattiin, ja lähetetään tulostimelle. Tulostin lukee tiedoston ja on valmis tulostamaan kuvion halutuilla väreillä ja koolla. Prosessin läpikäyminen digitaalisella tulostuksella kuluttaa huomattavasti vähemmän aikaa, vaivaa ja rahaa. Ajallisesti digitaalinen tulostus on huomattavasti perinteistä painamista nopeampi, kuten kuviossa 5 nähdään.



KUVIO 5. Työnkulku perinteisessä ja digitaalisessa tulostuksessa (Mimaki 2009.)

Kuvio 4 osoittaa myös pidempiaikaisen tulostuksen aikana tapahtuvan tasaantumisen kustannuksien osalta, minkä jälkeen laakapaino päihittää digitaalisen tulostuksen kustannuksien ja tuottoisuuden osalta. Digitaalisen tulostuksen tuottoisuus onkin parhaimmillaan pienien ja lyhyiden sarjojen kohdalla. Verrattaessa rotaatiopainon ja digitaalisen tulostuksen käyttötehokkuutta lyhyitä sarjoja tulostettaessa saadaan rotaatiopainon tehokkuudeksi noin 40- 50 %, kun taas digitaalisen tulostuksen tehokkuus nousee jopa 90 prosenttiin. (Miles 2003, 303.)

Painettavan tai tulostettavan kuvion koko on myös oleellinen osa prosessia. Perinteisellä painamisella yhden laa`an pituudeksi saadaan yleensä noin 80 - 100 cm. Jatkuvan kuvion aikaansaamiseksi laakaa täytyy siirtää aina edellisen laa`an perään ja jatkaa näin niin pitkään kun kuviota halutaan jatkaa. Laa`at tulee asettaa hieman päällekkäin, jotta kuosi on jatkuva ja että pohjakankaan sävy ei loista painettujen raporttien välillä. Raportiksi sanotaan yhtä painokaaviokehysten painamaa kuvioalaa, joka toistuu kankaassa. Digitaalisen tulostuksen tulostusjäljessä ei näy raporttien vaihdoksia päällekkäisinä raporteina, vaan ne sulautuvat kauniisti toistuvaksi kuvioksi. Vielä tällä hetkellä digitaalisen tulostamisen huonoihin puoliin voidaan laskea suhteellisen kalliit värien hinnat ja tulostimien suhteellisen hidas tulostusnopeus. (Tyler 2005, 3-4.)

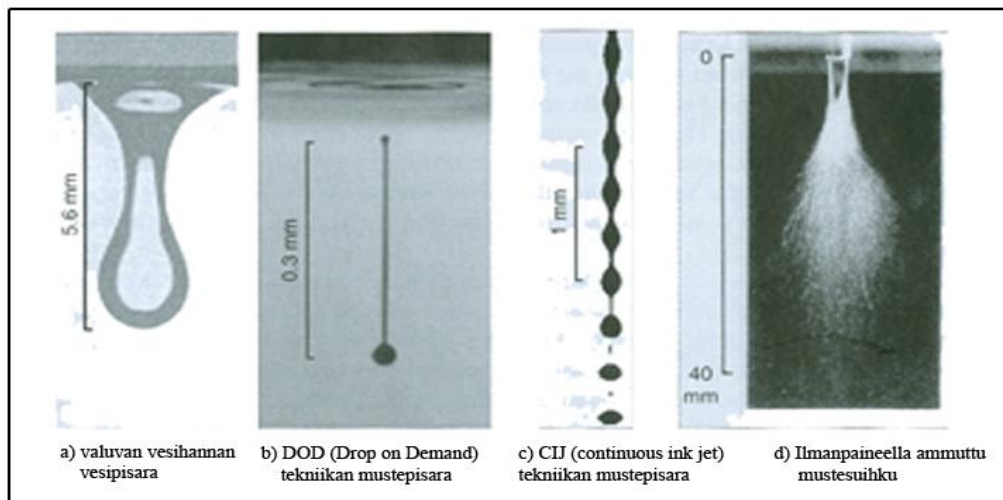
Laakapainossa, kuten muissakin painomenetelmissä joissa painetaan värimassalla, tulee värin koostumuksen olla juuri sopiva. Painettavan kankaan pohjamateriaalin mukaan tulee valita värimassan paksuus ja sävy, ja digitaalisessa tulostamisessa tulostustyössä käytettäviä värejä ei sekoiteta valmiiksi halutuiksi sävyiksi, kuten laakapainossa on tapana, eikä näin ollen myöskään suuria värisävyvarastoja tarvita. Digitaalinen tulostin tulostaa perusväreistä CMYK (C = turkoosi, M = aniliininpunainen, Y = keltainen, K = musta) halutun sävyisen värin jokaista työtä varten erikseen. Digitaalisen tulostimen tulostusjälki koostuu pienen pienistä pisaroista. Digitaalisessa tulostuksessa tulostettavat värimäärät ovat huomattavasti pienemmät verrattaessa perinteiseen painamiseen.

Sekä perinteisessä painamisessa että digitaalisessa tulostuksessa pohjakankaan ollessa sävyltään tumma tulee värimassan olla voimakkaampaa ja sen pitää sisältää enemmän väripigmenttiä. Digitaalisessa tulostuksessa se tarkoittaa valkoisen värin olemassaoloa muiden perusvärien lisäksi, jolloin halutut vaaleat värit saadaan näkyviin tummaan kangaspintaan. Molemmissa tekniikoissa tulee ottaa huomioon pohjakankaan materiaali ja sen kyky imeä itseensä väriä. Tämän mukaan tulee valita oikea värimassasuhde, joka digitaalisessa tulostuksessa tarkoittaa myös värimäärän säätämistä oikeaan suhteeseen. Tulostusvärit tulee säilyttää viileässä ja pimeässä paikassa. Värimassan säilyvyys ei ole kovinkaan pitkä, 12 kk värin valmistukses-

ta. Lämpötila vaihtelee värimassan säilyttämisaikasta riippuen. (Ujii 2006, 16 -23.)

2.4 Mustesuihkutulostuksessa käytettävät menetelmät

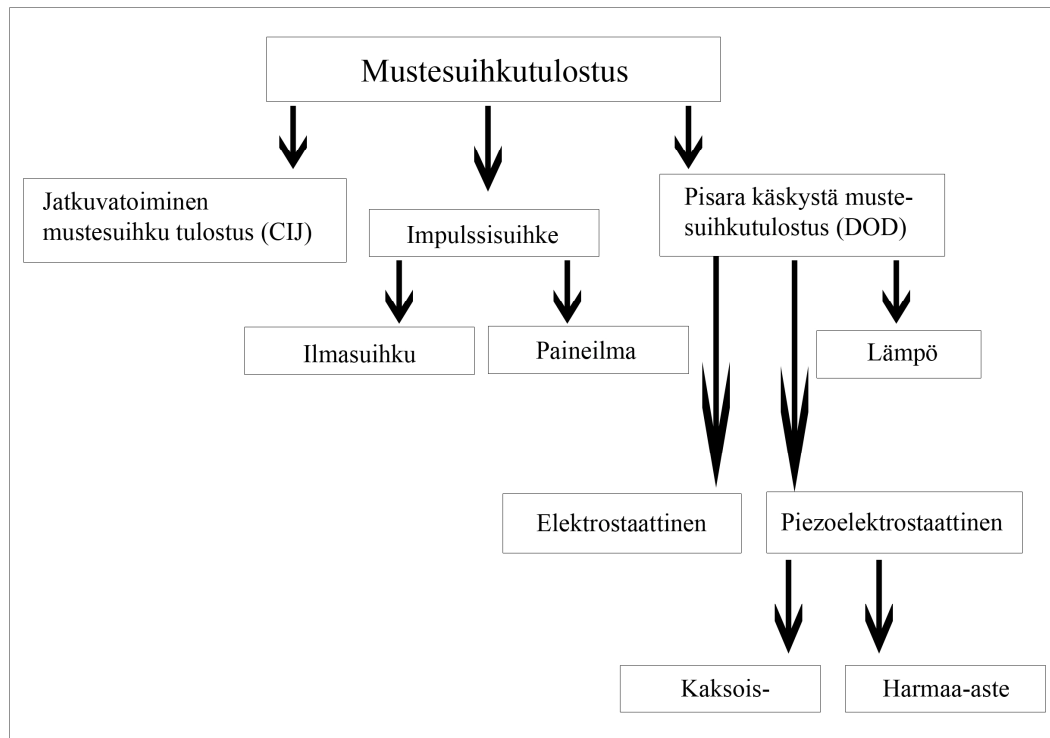
Mustesuihkutulostuksessa käytetyt menetelmät ovat kehittyneet ja kehittyvät edelleen uusien laitteiden ja tulostuspäiden vallatessa markkinoita. Ensimmäinen tekstiileille suunnattu menetelmä oli nimeltään Milliken's Millitron -menetelmä. Ensimmäisiä menetelmällä tulostettuja tuotteita olivat matot, erityisesti kokolattiamatot, jotka ovat nykyäänkin erittäin suosittuja muun muassa Britanniassa. Tekniikka pohjautuu ilmanpaineteknologiaan, jossa ilmanpaine pakottaa musteen tulostuspäiden kautta ulos suuttimista, mikä nähdään kuvion 6 (d.) kohdassa. Tällä tekniikalla muste leviää tulostettavalle pinnalle holtittomasti, eikä ammuttavien pisaroiden koko ole riittävän tarkka ja pieni, kuitenkin matoille tekniikkaa pystyttiin käyttämään. (Tyler 2005,7.)



KUVIO 6. Pisarakokojen vertailu. Kolmen eri tekniikan pisarakoko verrattaessa hanasta valuvaan vesipisaraan (DOD, JIT ja ilmanpainetekniikka). (Tyler 2005, 2.)

Mustesuihkutekniikat jaetaan yleensä kolmeen päämenetelmään, jatkuvatoiminen (Continuous Ink Jet eli CIJ), pisara käskystä (Drop On Demand eli DOD) ja pisara

impulssista (Pulsed Ink Jet). Päämenetelmät eroavat toisistaan tavasta, joilla pisarat ammutaan tulostettavalle pinnalle. Tekstiileille tulostettaessa yleisimmin käytetty menetelmä on DOD piezo elektrostaattinen pisaran muodostaminen. (Lehtonen 1998, 49). Kuvio 7 pystyy selkeästi havaitsemaan mustesuihkutulostuksessa käytettävät kolme päämenetelmää ja niissä käytettävät eri tekniikat.

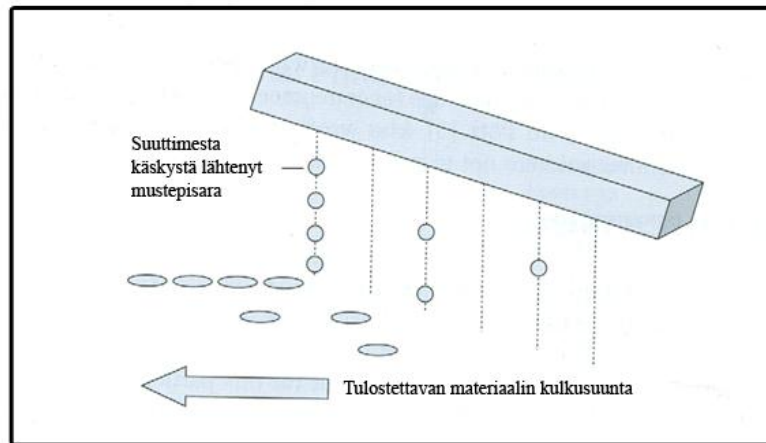


KUVIO 7. Mustesuihkumenetelmät ja niiden tekniikat. (Tyler 2005, 7.)

2.4.1 Pisara käskystä (DOD)

DOD (Drop-On-Demand) eli pisara käskystä -menetelmä, perustuu tapaan, jossa pisara lähetetään liikkeelle, silloin kun kuvan muodostamiseen tarvitaan pisara. Tulostusohjelma antaa käskyn ampua tulostettavalle pinnalle pisaroita annetun kuvion mukaisesti, joko pisara tai ei pisaraa. Digitaalisessa tulostimessa jokaista väriä kohden olevassa tulostuspäässä (head) sijaitsee tulostimen tarkkuuden mukainen määrä suuttimia (nozzle), joista ammutut pisarat lähtevät tarkasti käskyn avulla kohti tulostettavaa materiaalia. Mustepisara ammutaan liikkeelle käskystä yksi ker-

rallaan. Ammutut pisarat muodostavat kankaalle tulostettavan kuvion tai kuvan. Kuviossa 8. nähdään havainnollisesti kuinka DOD -menetelmällä mustepisarat ammutaan tulostettavaan pintaan kuvion aikaansaamiseksi. (Tyler 2005, 7.)

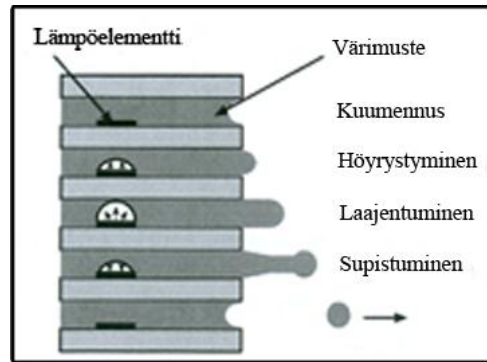


KUVIO 8. DOD-pisaran muodostuminen. (Tyler 2005, 7.)

Pisaran koko on suhteessa haluttuun resoluutioon. Tarkemman lopputuloksen saavuttamiseksi pisaran koko pyritään saamaan mahdollisimman pieneksi ja tulostimessa pienin mahdollinen pisaran koko kertoo tulostimella saatavan parhaan mahdollisen resoluution. Joissakin tulostimissa pisaran kokoa pystytään muuttamaan tietyissä rajoissa, mikä mahdollistaa kolmiulotteisen ja todentuntuisen tulostuspinnan.

2.4.2 Lämpömustesuihkutulostus

Lämpömustesuihkutekniikassa muste ammutaan matkaan lämmön avulla, menetelmästä käytetään myös toista nimeä kuplamustetekniikka (bubble jet tai thermal DOD ink jet). (Helminen 2005, 9). Menetelmä perustuu tietyin aikavälein sähkön avulla lämpeneviin impulssilevyihin, jotka lämmön avulla musteen laajentuessa pakottavat mustepisaran ulos syöttöpäästä (kuvio 9). Lämpeneminen tapahtuu millisekunnin ajan (2-10 μ s), jonka jälkeen se katkeaa lämmitäkseen taas uudelleen. Uudelleen täyttymiseen menee noin 80 μ s, joka sekin on todella lyhyt aika. (Tyler 2005, 8.)



KUVIO 9. Pisaran muodostuminen lämpömustesuihkutekniikalla (Helminen 2005, 9.)

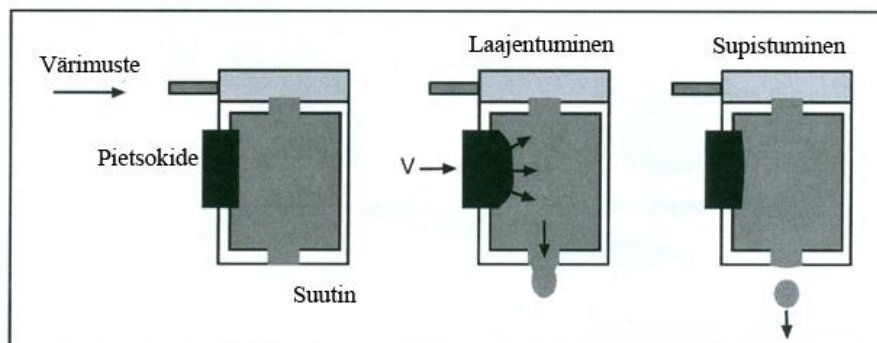
Lämpötila nousee hetkellisesti jopa noin 300 asteeseen. Lämmön avulla lämpenevän elementin pinnalla oleva väri höyrystyy kuplaksi ja aiheuttaa näin hetkellisen paineen nousun kammiossa. Lämpötilan laskettua paine tasaantuu, jolloin syntyy alipaine, joka palauttaa uutta väriä kammioon tulostetun tilalle. Paineen on oltava kammiossa ja suuttimessa juuri sopiva, jotta väri ei vuoda suuttimesta tulostettavalle pinnalle tai kammio ei tyhjäntyisi musteesta alipaineen johdosta. Tekstiilitulokselle tarpeellinen resoluutio eli 300 dpi saavutetaan tällä menetelmällä helposti. (Helminen 2005, 10.)

Lämmöstä aiheutuva värin ylikuumentuminen ja tulostuspäiden tukkeutuminen tapahtuu usein nostettaessa tulostusnopeutta liikaa, jolloin tulostuspäät ja tulostettava väri eivät pääse jäähtymään kunnolla pisaran ampumisen välillä aiheuttaen näin tukkeutumisen. Tukkeutumisesta aiheutuva purkaus aiheuttaa värin räjähtämisen tulostettavalle pinnalle laskien näin tulostusresoluutiota, mikä ei ole suotavaa. Tulostuspäiden elinikä ei ole kovin pitkä ja yleisesti yhdellä tulospäällä pystytään tulostamaan noin 500 ml mustetta. Kustannuksien osalta tukkeutuneet tai vaurioituneet tulostuspäät eivät ole hinnaltaan kovinkaan kalliita. (Tyler 2005, 8.) Värin leviäminen tulostettavalle työlle tosin itsessään tulee kalliiksi ja tukkeutuneet tulostuspäät on puhdistettava, joka taas aiheuttaa tulostustöihin katkoja.

2.4.3 Pietsomustesuihku

Pietsomustesuihkumenetelmä pohjautuu pietsosähköisen materiaalitekniikan muodonmuutokseen. (Helminen 2005, 11.) Pietsomustesuihkumenetelmässä elektrostaattinen varaus aiheuttaa materiaalitekniikan muodonmuutoksen ja siten kammiossa paineaallon. Tämän seurauksena muste laajenee ja pisara ammutaan tulostuspäästä ulos riittävällä nopeudella, jolloin tulostettavan kankaan pinnalle muodostuu piste. Muste vetäytyy takaisin elektronisen varauksen katkettua ja täyttää tulostussuppilon taas uudestaan musteella. Ammutussa pisarassa on oltava riittävä lähtönopeus, jotta pisara laskeutuisi oikeaan kohtaan tulostettavaa kuviota. Pietsomustesuihkukoneissa tulostuspäät ovat lähempänä tulostettavaa materiaalia kuin lämpömustesuihkussa, mikä asettaa määrättyt rajoitteet tulostettavan materiaalin paksuudelle. Pietsomustesuihkukoneet soveltuvat hyvin ohuiden materiaalien tulostukseen, kuten kankaille ja ulkomainonnassa käytettäville polyesteripohjaisille materiaaleille.

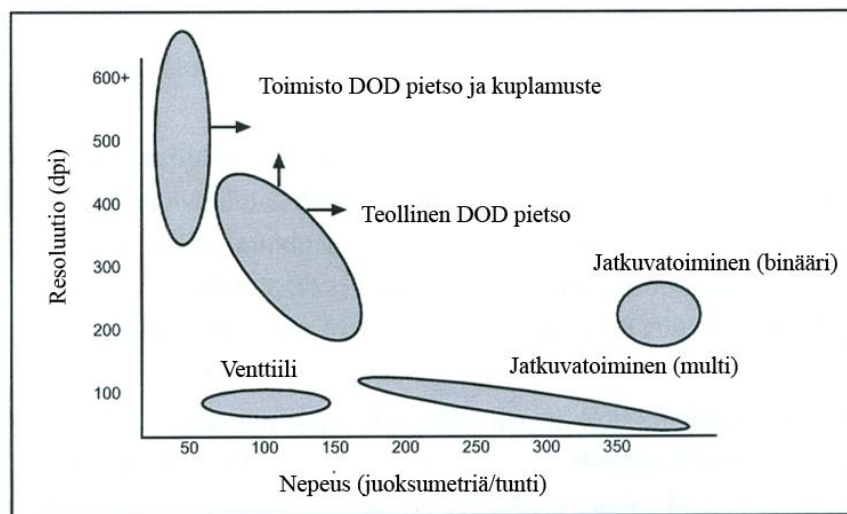
Pietsoväripäiden suunnittelu ei ole yhtä selkeää ja helppoa kuin lämpömustesuihkutekniikassa. Syynä on pietsokiteen suhteellisen pieni muodonmuutos kammiossa. Kammiossa tapahtuvan laajenemisen takia pietsokiteiden on oltava huomattavasti suutinta suurempia, minkä takia resoluutio jää usein lämpömustesuihkutekniikkaa alhaisemmaksi. Hyvä ominaisuus pietsomustesuihkussa on muun muassa pisaran koon säädettävyys, jota pystyy muuttamaan annettavan sähköimpulssin määrää säätämällä. Pietsomustesuihku on yksi käytetyimmistä menetelmistä tekstiileille tulostettaessa. (Tyler 2005, 9.)



KUVIO 10. DOD - pietsomustesuihkun pisaranmuodostus (Helminen 2005, 11.)

2.4.4 Elektrostaattinen suihku

Elektrostaattisen paineen avulla muste pakotetaan suuttimen reunalle, minkä jälkeen se ammutaan kuvion mukaisesti tulostettavalle pinnalle halutuun aikaväliin. Kyseisellä tekniikalla toimivat tulostimet ovat nopeita, mutta ne eivät saavuta korkeaa resoluutiota. Markkinoille tulleet muut tekniikat ovat herättäneet enemmän kiinnostusta, ja aikaisempi kiinnostus elektrostaattisella suihkulla toimiviin tulostimiin on laskenut hurjasti ja nykyään elektrostaattisella suihkulla toimivia tulostimia onkin enää harvassa. (Tyler 2005, 9.)

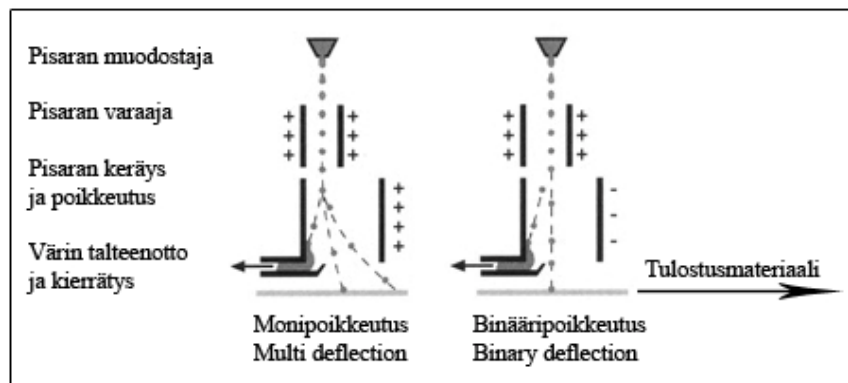


KUVIO 11. Nopeus ja tulostustarkkuus eri mustesuihkujärjestelmillä (Helminen 2005, 12.)

2.4.5 Jatkuvatoiminen mustesuihku (CIJ)

Kaikki edellä kuvatut mustesuihkutekniikat ovat pisara käskystä eli DOD- menetelmiä (Drop-on-Demand). Jatkuvatoiminen mustesuihku (CIJ) menetelmä taas syöttää mustetta jatkuvassa virrassa. CIJ -menetelmässä suuttimista syötetty muste muuttuu matkalla pisaraketjuksi erittäin lyhyessä ajassa, josta elektrostaattisten levyjen avulla kerätään ylimääräiset ja haitalliset pisarat pois. Jäljelle jäävät pisarat muodostavat kuvion tai kuvan tulostettavalle pinnalle. (Helminen 2005, 13.)

Pois kerätyt haitalliset mustepisarat kuljetetaan joko uudelleen käytettäviksi tai jäteastiaan. Binääripoikkeutuksella (binary deflection) elektrostaattisen varauksen avulla poimitaan pois haitalliset pisarat, ja kuvion mukaiset pisarat jatkavat matkaa tulostettavalle pinnalle. Valitun pisaran lentorataan pystytään jo siten määrittelemään, mihin kohtaan se laskeutuu tulostettavalla pinnalla, tätä kutsutaan multipoikkeutukseksi (multi deflection). Multipoikkeutuksen avulla kuvion tarkkuutta eli resoluutiota voidaan nostaa. Kuviossa 12 näkyvät eri varauksin (+/-) olevat levyt, jotka ohjaavat molemmissa tapauksissa pisaroita ja niiden lentorataa tulostusmateriaaliin tai uudestaan käyttöön. Pisaroilla on aina tietty varaus, minkä ansiosta niitä voidaan poikkeuttaa sähkövarauksen avulla.



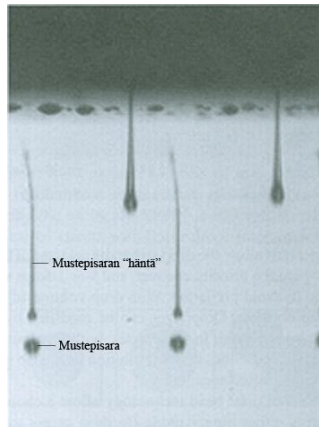
KUVIO 12. Jatkuvatoinen mustesuihkutulostus (CIJ) (Helminen 1999, 14.)

2.5 Tulostuslaatu

Pisaran koko vaihtelee sekä tulostimen että käytetyn menetelmän mukaan. Tulostimissa olevien suuttimien kokojen mukaan määräytyy saatavan pisaran koko. Joissakin tapauksissa suuttimien koko on säädettävissä ja mahdollistaa näin eri kokoisten pisaroiden ampumisen tulostettavalle pinnalle. Mustesuihkutulostuksessa pienin mahdollinen pisara määrittelee toistettavissa olevan yksityiskohdan koon eli resoluution. (Lehtonen 1998, 47.) Muodostettavaan kuvaan ja sen resoluutioon vaikuttavat myös pisaran muoto ja koko, joka yleensä on 5-25 pl (pl = 10^{-12} litraa). Suuttimien koot vaihtelevat tulostimien resoluutiokyvyn mukaan. (Ujii 2006, 101.)

Tulostuslaatuun vaikuttaa erityisesti kankaisiin tulostettaessa tulostettava materiaali ja sen kyky imeä itseensä väriä. Paljon itseensä väriä imevä tulostuspohja levittää pisaran aluetta kankaan pinnassa imiessään väriä itseensä. Tulostettaessa pisaran koko on siis suhteutettava tulostettavaan pintaan ja sen kykyyn imeä väriä itseensä, jotta haluttu resoluutio voidaan saavuttaa.

Tulostuslaatuun vaikuttaa myös pisaran muoto, joka tulisi olla pyöreä. Tulostettaessa DOD -tekniikalla jää jokaiseen pisaraan "häntä". Suuttimesta ammuttaessa pisaran perään musteesta muodostunut "häntä" irtoaa pisarasta matkalla tulostettavaan pintaan. Pudotessaan holtittomasti pisaran ympärille, "häntä" vaikuttaa tulostuslaatuun ja haluttuun resoluutioon (kuvio 13.) Hännän aiheuttamaa tulostuslaadun heikentymistä on pystytty ehkäisemään tulostuspäiden ja musteiden valmistajien taholta. (Tyler 2005, 13.)



KUVIO 13. Pisaran "hännän" vaikutus tulostuslaatuun (Tyler 2005, 13.)

3 TULOSTUSVÄRIT TEKSTIILEILLE TULOSTETTAESSA

3.1 Tekstiilivärien vaatimuksia

Digitaalisessa tulostuksessa, kuten perinteisessä tekstiilipainamisessakin, vaaditaan tekstiiliväreiltä erilaisia ominaisuuksia kuin muille pinnoille painettaessa. Tulostettavan pinnan mukaan valitut tekstiilimustevärit valitaan parhaan mahdollisen tuloksen saavuttamiseksi. Tulostusvärillä on oltava oikea pintajännitys ja viskositeetti sekä partikkelikoko, jotta se irtoaa oikeaoppisesti suuttimessa olevista suulakkeista tukkeuttamatta niitä. Musteen tulee olla tarpeeksi värikylläistä peittääkseen tulostettavan pinnan ja tarttuakseen siihen oikeaoppisesti. Värien on lisäksi oltava tarpeeksi stabiileita kestääkseen varastoinnin. Niiden on pysyttävä myös hyvin dispersiossa, jotta ne eivät saostuisi letkuihin ja värikammioihin. (Helminen 2005, 23.)

3.2 Tulostusvärit

Tulostusvärimusteet koostuvat painopastojen tapaan väriaineesta, paksunnosaineesta, liuottimesta ja apuaineista. Musteiden koostumus vaihtelee valmistajista, väreistä ja halutusta tarkkuudesta riippuen. (Helminen 2005, 23.)

Mustesuihkutulostukseen on tarjolla erilaisia tekstiileille tarkoitettuja värejä kuten reaktiovärit selluloosakuiduille ja silkille, happovärit silkille, villalle ja polyamidille, dispersiovärit polyesterille sekä pigmenttivärit, jotka sopivat melkein kaikille pinnoille tulostettavaksi (kuvio 14.) Monille pinnoille soveltuva, tosin hieman kalliimpia tulostusmuotoja, ovat UV- ja liuotinvärit. Tulostettaessa tekstiileille UV-väreillä vaaditaan tekstiililtä usein PVC tai muu muovisekoitteinen käsittely, joka parantaa värin pysyvyyttä ja nopeuttaa tulostusvärin kuivumista. Tällöin väri ei pääse imeytymään liiaksi kuituihin, jolloin värin kuivuminen on huomattavasti no-

peampaa kuin ilman käsittelyä. Kyseinen käsittely on tarpeen, sillä UV-värissä on voimakas tuoksu sen ollessa vielä märkä. Ilman käsittelyä värin kuivuminen kankaasta kestäisi viikkoja. Hajuttomia ja ihoystävällisempiä UV-värejä kehitellään, mutta oikean värisuhteen löytyminen on haasteellista. Muille materiaaleille tulostettaessa UV-väri ei vaadi esikäsittelyä, eikä hajuhaittoja synny, kun väri kuivuu nopeasti esim. lasin pinnalle. (Springare 2009.)

TAULUKKO 1. Tekstiilitulostusvärit: kankaat sekä esi- ja jälkikäsittelyt (UJie 2006, 75.)

| Tulostusväri | Kuitutyyppi | Esikäsittely | Jälkikäsittely |
|---------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Happoväri | silkki, villa ja polyamidi | happo luovuttajat | höyrytys ja pesu |
| Dispersioväri | polyesteri | paksuntaja | korkea lämpötila höyrytys ja pesu |
| Reaktioväri | puuvilla, viskoosi ja pellava | alkaali | höyrytys ja pesu |
| Pigmentti | puuvilla, polyesteri ja sekoitteet | ei tarvita | kuiva kuuma |

3.2.1 Reaktiovärit

Reaktiovärejä käytetään yleisesti tulostettaessa selluloosakuiduille kuten puuvillalle, pellavalle ja viskoosille. Reaktiovärit vaativat tulostettavalta materiaalilta esikäsittelyn, jotta tulostuksen jälkeisessä höyrytyksessä (n. 100-102°C, 10-20 min.) esikäsittelyaineen avustuksella syntyy kovalenttinen sidos selluloosakuitujen ja reaktiovärin välillä. (UJie 2006, 75.) Höyrytyksen jälkeen tulostettu kangas tulee kylmä pestä, jolloin höyrytyksessä kiinnittymätön väri saadaan irtoamaan kankaan pinnasta. Viimeistelevä vesipesu tehdään pohjakankaan mukaisessa lämpötilassa.

Reaktiovärit ovat parantuneet viimeisten vuosien aikana hurjasti, mutta joissakin ominaisuuksissa on vielä parantamisen varaa, erityisesti valonkestossa sekä värien saamisessa tarpeeksi kirkkaiksi (varsinkin musta väri). Värien kestossa klooria si-

sältävässä vedessä on myös parantamisen varaa. (Tyler 2005, 24- 25; Ujii 2006, 279.) Yksityiskohtaisempaa tietoa reaktioväreillä tulostuksesta ja pohjamateriaaleista löytyy kappaleesta 7.

3.2.2 Happovärit

Myös happoväreillä tulostettaessa kangas tulee olla esikäsitelty ja esikäsiteltyyn kankaaseen tulostetaan reaktiovärin tavoin ainoastaan väripigmentti. Happoväritulostuksessa tulostetulle kankaalle tehdään jälkikäsitelyvaiheet, jotka ovat höyrytys, hapon neutralisointi (mikäli on tarpeen) ja huuhtelu. Happoväritulostusta käytetään erityisesti villan ja silkin kuviointiin. Silkille digitaalisesti tulostettavia tuotteita ovat muun muassa silkkihuivit ja silkkikravatit. (Tiitinen 2009.)

3.2.3 Dispersiovärit

Tulostus dispersioväreillä soveltuu erityisen hyvin polyesterille. Dispersioväreillä on erinomainen pesu ja kulutuksenkesto. (Tiitinen) Kyseisillä väreillä pystytään tulostamaan myös siirtokuvamenetelmää (sublimaatio siirtotulostus = lämpösiirtotulostus) käyttäen, jossa kuva tulostetaan ensin paperille, jonka jälkeen paperiin tulostuneet värit kiinnitetään kankaaseen lämpöprässin avulla (160-185°C). (Helminen 2005, 23.)

3.2.4 Pigmenttivärit

Pigmenttitulostus soveltuu käytännössä mille tahansa pinnalle. Pigmenttiväreillä saavutetaan hyvä tulostusjälki riippumatta siitä, mille pohjamateriaalille tulostetaan. Valon ja UV-säteilyn kestoaltaan pigmenttiväri on erinomainen, mutta hankauksenkesto on alhainen. (Tyler 2005, 25.) Digitaalisessa pigmenttiväritulostuksessa käytetään yleensä suoraa pigmenttitulostusta, jossa pigmenttiväri tulostetaan suoraan tulostettavalle kankaalle kuuman höyryn (175-180°C) tai kuuman lämmön avulla (190-210°C). Kuuman höyryn ja lämmön avulla väri saadaan sisälle kuituun, sillä

kuitu avautuu lämmön ja kemikaalien vaikutuksesta. (Helminen 2005, 23-24.) Eri tulostusvärejä valittaessa tulee ottaa huomioon kankaalta vaadittavat ominaisuudet ja kestävyys, jolloin värin antamat ominaisuudet vastaavat haluttua tarvetta. (Tiitinen 2009.)

TAULUKKO 2. Tekstiilivärit tekstiileille tulostettaessa (o: soveltuu tulostettavaksi, x: suositellaan tulostettavaksi) (Dupond 2009.)

| | Reaktioväri | Happoväri | Pigmenttiväri | Dispersioväri |
|-------------------------|-------------|-----------|---------------|---------------|
| Puuvilla/ sekoitteet | x | | x | |
| Pellava | x | | x | |
| Silkki | o | x | o | |
| Villa | | x | x | |
| Polyamidi | o | o | x | o |
| Elastaani yhdisteet | o | x | o | o |
| Viskoosi | x | | o | |
| Polyesteri | | | o | x |

3.3 UV-tulostus

UV-värimuste on tehty liuotinpohjaisista väreistä. Kemiallisen reaktion ansiosta väri muuttuu muotoaan kiinteäksi kohdatessaan UV-valon. Väri alkaa vahvistua heti altistuessaan UV-valolle. UV-väritulostusta käytetään nopeaan tulostamiseen, sillä UV-väri on kuiva heti tultuaan tulostimesta. Värien kuivuminen ja jähmettyminen tulostuspäihin tai suuttimiin on harvinaista.

UV-väritulostaminen soveltuu melkein pä melle tahansa pinnalle. Tekstiileille tulostettaessa törmätään usein värin kuivumista koskevaan ongelmaan, sillä tulostuksessa UV-väri imeytyy hieman kankaaseen, jolloin värin kuivumiseen kuluu pidempi aika kuin esim. lasille tulostettaessa. Tekstiileille tulostettaessa ongelmana on myös suhteellisen huono hankauksenkesto ja "kova" tuntu. Kankaan kutistuessa väri voi rapista irti, ja iholla se voi aiheuttaa ärtymistä. UV- väritulostus ei tarvitse esi- tai

jälkikäsitteilyä muille materiaaleille tulostettaessa, mutta tekstiileillä kuivuminen tehostuu, mikäli kangas esikäsitellään PVC- tai muulla muovisekoitteisella aineella. UV-tulostuksen huonoja puolia ovat musteiden korkeampi hinta verrattaessa vesipohjaisiin, myös laitteiden hintataso on huomattavasti muita kalliimpi. Tulostettaessa tekstiileille ilman PVC -esikäsitteilyä jää tulostettavaan pintaan pitkäksi aikaa väristä peräisin oleva voimakas haju. Haju katoaa nopeammin kuin tulostetaan muille materiaaleille. Kuivuttuaan UV-väri ei enää haise. (Tyler 2005, 27- 29.)

Hyvinä puolina UV-tulostuksessa pidetään sen tulostusjälkeä, jolla pystyy jäljittelemään eri pintaefektejä. UV-tulostusvärit kiinnittyvät UV-valon avulla, mikä antaa tuotteille erinomaisen UV-valon keston. Väri on myös vähän ympäristöä kuormittava. UV-tulostusta käytetään useimmin lasi-, puu- ja metallipinnoille. Tässä opinäytetyössä kokeillaan UV-tulostusta tekstiilimateriaaleille. Tarkemmin UV-tulostuksesta löytyy kappaleessa 9.

4 DIGITAALISTEN TULOSTIMIEN TOIMINTA, OMINAISUUDET JA VALMISTAJAT

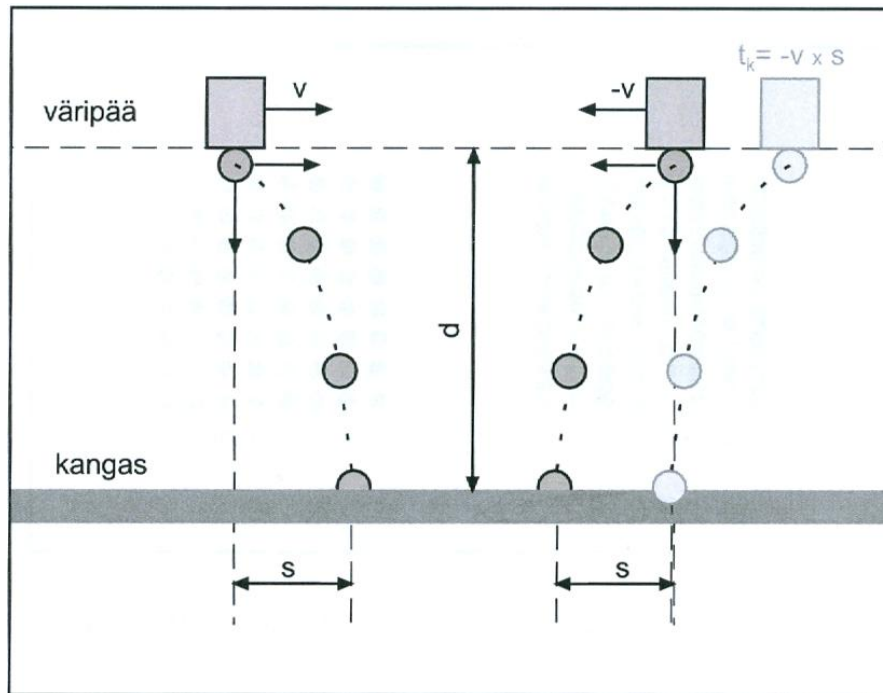
4.1 Digitaalisten mustesuihkutulostimien toimintaperiaate

Toimintaperiaatteeltaan digitaalinen mustesuihkutulostus eroaa perinteisistä painomenetelmistä. Digitaalisessa mustesuihkutulostuksessa mikään tulostimen osa ei kosketa tulostuksen aikana tulostettavaa pintaa, eivätkä tulostettavat värisävyt ole erikseen sekoitettuna ennen tulostusta. Tulostettavan kuvion mukaiset sävyt koostuvat CMYK -värien mukaisista pienistä tulostimella ammuttavista pisaroista. (Miles 2003, 303.)

4.1.1 Tulostussuunta ja kankaan ohjaus

Tulostettaessa tulostussuunnallakin on merkitystä, eli sillä mihin suuntaan tulostuskelkka tulostaa liikkeessään. Tulostimista voidaan usein säätää tulostaako kelkka molempiin suuntiin tai ainoastaan yhteen suuntaan mentäessä. Tulostettaessa molempiin suuntiin suurella nopeudella ja pienellä resoluutiolla, on vaarana että mustepisarat tempautuvat ilmavirran mukaan. Kelkan tulostaessa molempiin suuntiin on ilmavirran suunta eri, riippuen siitä kumpaan päähän kelkka on matkalla, näin pisaran tarkoitettu laskeutumiskohta saattaa heittää suurestikin. Eniten pisaroiden väärä laskeutumispaikka näkyy korkealla resoluutiolla tulostettaessa. Onneksi monissa tulostimissa on säätömahdollisuudet juuri tätä ongelmaa ajatellen. Tällöin tulostimelle kerrotaan, onko kyseessä kaksisuuntainen (bi-directional) vai yksisuuntainen (uni-directional) tulostus, ja tulostimeen asetetaan pisaran ampumisen ajoituskohta. Yksisuuntaisessa tulostuksessa ongelmaa ei yleensä ilmene, sillä tulostussuunta on koko ajan sama, ja muste ehtii kuivua tulostuskertojen välillä. Kaksoisuuntatulostuksella tulostusnopeus saadaan ihanteelliseksi, mutta tulostuslaadun kustannuksella. Alla olevassa kuviossa 14 nähdään, matka (s), mikä kuvaa pisaran liikkeen kelan/tulostuskelkan liikkeen suunnassa, johon vaikuttaa kelkan liikkeen

nopeus (v), pisaran lähtönopeus ja tulostusmateriaalin välimatka (d). (Helminen 2005, 19- 20.)



KUVIO 14. Tulostussuunnan vaikutus tulostuslaatuun (Helminen 2005, 20.)

4.1.2 Tulostusnopeus

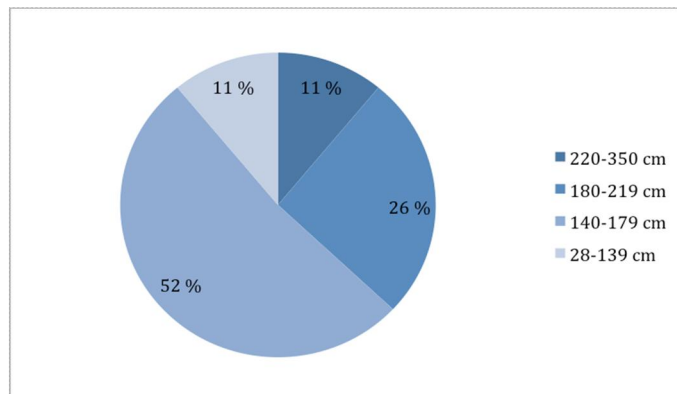
Tulostusnopeuteen vaikuttaa se, kuinka nopeasti tulostuskelkka kulkee tulostettavan materiaalin yli sekä kuinka suuren (loimen suuntaisen) matkan kelkka tulostaa yhdellä liikkeellä. Lisäksi suurempia sarjoja tulostettaessa nopeuteen vaikuttaa se, kuinka kauan kankaan vaihtoon, huoltotöihin ja vikojen korjauksiin menee aikaa.

Tulostusnopeuteen pystytään vaikuttamaan monin eri tavoin, kuten muuttamalla tulostusresoluutiota. Tulostusnopeuteen pystytään myös vaikuttamaan tulostettavien vaakarivien määrällä, eli kuinka leveää tulostusjälkeä tehdään (pass-toiminto, tarkemmin kappaleessa 8) sekä kuinka suurella värin määrällä tulostusta suoritetaan. Tulostusvärien kuivumisajoissa on myös eroja. Tästä riippuen tulostimen

kelkka voidaan säätää odottamaan tietyn ajan, ennen kuin se aloittaa seuraavan tulostusrivin. (Helminen, 2005, 19- 20.)

4.1.3 Kankaan leveys

Tulostimen koko ja ominaisuudet määrittelevät tulostimella tulostettavan materiaalin paksuuden ja leveyden. Markkinoilta löytyy erikokoisia digitaalisia tulostimia aina 40 cm levyisistä monia metrejä leveisiin massiivisiin teollisuustulostimiin. Se, kuinka paksuja materiaaleja tulostimilla pystytään tulostamaan, vaihtelee tulostimen mukaan välillä 1,5 mm - 40 mm. Pienimmillä digitaalisilla tulostimilla tulostetaan muun muassa t-paitoja ja laukkuja. Yleensä pienissä tulostimissa tulostus tapahtuu suoraan valmiisiin tuotteisiin. Massiivisilla teollisuustulostimilla taas tulostetaan suuria projekteja ja jatkuvasti tiettyyn kokoon suunniteltuja tuotteita, kuten pressuja. Suurilla digitaalisilla tulostimilla tulostetaan muun muassa rekkojen suojapressujen mainoksia ja talojen rakennustyömaiden suojapressujen fotorealistisia julkisivujäljitelmiä. Eniten digitaalisilla tulostimilla tulostetaan 140 -179 cm levyisiä kankaita. Kankaiden leveydet ovat yleensä keskimäärin 120 -160 cm. (Tyler 2005, 19.)



KUVIO 15. Eri tulostuskankaiden leveyksien - % osuudet. (Tyler 2005, 19.)

4.1.4 Suorituskyky

Digitaalisten tulostimien suorituskykyä arvioidaan tulostusnopeuden ja resoluution avulla. Tulostimet voidaan karkeasti jakaa niiden tulostusresoluution mukaan kolmeen eri luokkaan; matala, keskiluokka ja korkea.

Matalan resoluution tulostimiksi luokitellaan 40- 360 dpi tulostavat laitteet. Kyseisen luokan tulostimia käytetään nykyään eniten suurkuvatulostamiseen, jossa tulostettavien kuvioiden ei tarvitse olla niinkään tarkkoja, sillä niitä ei ole tarkoitus katsoa läheltä. Läheltä katsottuna kuvan rosoisuus näkyy selkeimmin. Matalan resoluution tulostimien tulostusnopeus on usein sangen korkea, jolloin tulostusjälki ei ole tarkkaa eikä valokuvamaista. Suurin osa tämän luokan tulostimista tulostaa noin 10- 30 m²/h nopeudella. (Tyler 2005, 17.)

Keskiluokan tulostimien resoluutio liikkuu 600- 720 dpi:n välillä. Tämän luokan tulostimilla voidaan jo tulostaa graafisesti haastavia ja tarkkoja kuvioita. Kyseiseen luokkaan yltää jo moni tällä hetkellä markkinoilla oleva digitaalinen tulostin. Näillä tulostimilla tulostusnopeus on keskimäärin 20m²/h. Keskiluokan tulostimilla tulostetaan mm. lippuja, tekstiilimainoksia ja vaatteita. Kyseisten tulostimien hinta/laatusuhde on yleensä hyvä. Suurin markkinakysyntä kohdistuu juuri keskiluokan digitaalisiin tulostimiin.

Korkean resoluution tulostimien kysyntä ei ole noussut odotetusti, eikä markkinoille ole vielä ilmestynyt vähäisen kysynnän takia montaakaan kyseisen luokan tulostinta. Korkea resoluutio ja suuri tulostusnopeus ovat markkinoilla halutuimpia ominaisuuksia, mutta vielä toistaiseksi hinta-laatusuhdetta ei ole saatu kohdilleen. Korkean resoluution tulostimet tulostavat keskimäärin jopa 1200 -1440 dpi resoluution tarkkuudella. Tulostusnopeus kyseisillä tulostimilla on keskimäärin alle 20 m²/h. Kehityksen myötä korkealaatutulostimien kysynnän odotetaan nousevan. (Tyler 2005, 18- 19.)

4.2 Valmistajat

4.2.1 Digitaaliset tulostimet

Digitaalisia tulostimia ilmestyy markkinoille tiuhaan tahtiin, ja vanhat tulostimet saavat väistyä nopeasti uusien tieltä. Hollantilainen Stork on yksi tunnetuimmista digitaalisia tulostimia valmistavista yrityksistä. Stork myy myös tulostusvärejä sekä heidän tulostimiinsa ja väreihinsä sopivia esikäsiteltyjä kankaita. Muita digitaalisten tulostimien valmistajia ovat muun muassa Mimaki, Mutoh, Dupont, ZÜND ja Reggiani. Myös Brother valmistaa muun muassa valmiille t-paidoille tulostavia laitteita. (Tyler 2005, 21- 22.) Storkilla sekä Mimakilla on tällä hetkellä markkinoilla kuusi digitaalista tulostinta, ja molemmat yritykset ovat jo pitkään valmistaneet tulostimia juuri teksteille varten. Molemmilta valmistajilta ilmestyy markkinoille tasaisin välein uusia malleja. Vertailemalla eri valmistajien malleja saa hyvän käsityksen tällä hetkellä markkinoilla olevien digitaalisten tulostimien tasosta.

4.2.2 Digitaalisten tulostimien vertailu

Markkinoilla olevat tulostimet ja tulostimien valmistajat kannattaa kartoittaa käyttötarkoituksen mukaan. Digitaalisen tulostamisen kehittyminen pakottaa valmistajat jatkuvasti kehittämään tulostimiaan pysyäkseen kilpailijoitaan edellä. Markkinoille ilmestyy vuosittain uusinta teknologiaa sisältäviä malleja eri valmistajilta. Aikaisempien mallien tekniikka vanhenee nopeasti kehittyneempien uusien tulostimien rinnalla. Digitaaliset tulostimet vanhenevatkin kuin tietokoneet, eikä vanhojen tulostimien suorituskyky enää riitä samaan tulokseen kuin uusien. Storkin ja Mimakin tällä hetkellä markkinoilla olevien tulostimien tasoa ja eroja löytyy kyseisten valmistajien omilta Internet-sivustoilta. (Mimaki 2009; Stork 2009)

4.2.3 Tulostuspäät ja suuttimet

Tekstiilitulostuspäiden ja -suuttimien valmistajia on ainakin tällä hetkellä suhteellisen vähän. Päämarkkinat keskittyvät enimmäkseen paperille tulostaviin tulostimiin, joiden markkinat ovat tällä hetkellä huomattavasti suuremmat. Kaupallisesti eri tulostimille tarkoitettujen tulostuspäiden (heads) valmistajia on vähän. Tulostuspäämallit jaetaan kolmeen, eri tulostuspäitä käyttävien tekniikoiden luokkiin, joita ovat: lämpömustesuihku, pietsomustesuihku ja jatkuvatoiminen mustesuihku.

Lämpömustetulostukselle sopivia tulostuspäitä valmistavat Canon, Fuji, Xerox, Hewlett-Packard, Lexmark, Olivetti ja Sony. Canon saapui tekstiilitulostusmarkkinoille vuonna 1998 valmistamansa tulostimen kautta. Teollisuuskäytössä lämpömustesuihkuja käyttävät tekstiilitulostimet eivät ole niinkään suosiossa, koska lämpömustetulostuksen tulostuspäät ovat yleensä lyhytkestoisia. Suurin syy tulostuspäiden lyhyeen keston ovat suutinten valmistusmenetelmät ja niihin käytetyt materiaalit. (Helminen 2005, 12.)

Ominaisuuksiltaan pietsoväripäät voidaan jakaa toimisto ja teollisiin väripäihin. Epsonin valmistamat pietsoväripäät toimistokäyttöön ja siitä hieman leveämpiin tulostimiin ovat tyypillisesti korkearesoluutioissa (360- 1440 dpi) ja pisarakooltaan pieniä. Muita pietsoväripäiden valmistajia ovat Aprion Magic (DOD), Konica (DOD) ja Spectra (DOD). Pietsoväripäiden kehitys oli suurimmillaan vuosina 1990-1995. Aikaisemmin korkearesoluutiotulostimissa tulostusnopeus jäi liian alhaiseksi, mutta vuosina 2002- 2005 markkinoille alkoi ilmestyä tulostimia, jotka rikkoivat toimisto- ja teollisuuspäiden eroja. Näitä tulostuspäitä käyttäviä tulostimia valmistavat mm. Mimaki, Stork, Mutoh, Roland, D-Gen ja Dupond. Teollisuuteen tarkoitetut väripäät eroavat toimistokäyttöön tarkoitetuista alhaisemman resoluution (n. 180-360 dpi), suuremman pisarakoon sekä selkeästi suuremman nopeutensa vuoksi. Kyseisten ominaisuuksiensa ansiosta tulostuspäiden elinikä on toimistokäyttöön tarkoitettuja väripäitä pidempi. (Helminen, 2005, 9-11; Tyler, 2005, 11.) Pietso-tekniikkaa käyttäviä UV-väreillä tulostavia tulostimia on myös tarjolla. Näillä tulostimilla on suuri merkitys tekstiilitulostamisessa. UV-väreille tarkoitettuja pietsoväripäiden valmistajia ovat Spectra, Xaar ja Aprion. Spectran päitä käytäviä konei-

ta ovat mm. Leggett & Platt ja Vutek. Xaarin päitä käyttäviä koneita ovat mm. Gretag Arizona ja laakakoneet Inca ja Zünd. (Helminen 2005, 12.)

Tulostuspäiden valmistajia jatkuvatoimiselle mustesuihkulle (CIJ) ei juuri tällä hetkellä ole, mikä johtuu lähinnä väripäiden ja koneiden kalliista valmistuskustannuksista. Vuonna 1991 laitevalmistaja Stork esitteli tulostimet Amethyst ja Iris, jotka eivät ole vielä edenneet kehityksessä eteenpäin. Potentiaalia kyseisillä koneilla kuitenkin on, sillä tuotantonopeus voisi olla jopa yli 2200 m/tunnissa. (Tyler 2005, 12; Helminen 2005, 14.)

5 TYÖNKULKU DIGITAALISESSA TULOSTUKSESSA

5.1 Kuvan ja tekstin syöttö ja muodot

Tulostukseen siirrettävä kuvio tai kuva täytyy siirtää tulostimelle digitaalisessa muodossa. Tiedoston formaatin tulee olla oikea, jotta tulostimen ohjelma pystyy sen lukemaan. Työstä riippuen kuvan tulee olla myös tarpeeksi tarkka. Tallennetut tiedostot ovat muodoltaan yleensä vektori- tai bittikarttakuvia tai tekstitiedostoja. Vektorigrafiikassa objektien muodot ja ominaisuudet esitetään koordinaatein sekä matemaattisin funktioin. Vektorigrafiikan suuri etu on, että vektoreiden koon muuttaminen ei vaikuta kuvan laatuun eikä tiedoston kokoon millään tavoin (vrt. pikseligrafiikka). Vektorigrafiikkaa pystytään piirtämään ja muokkaamaan piirto-ohjelmilla, kuten Adobe Illustrator ja Corel Draw. Tietojen siirtäminen eri vektoriohjelmien välillä on helppoa ja vaivatonta. (Toro 1999, 147.)

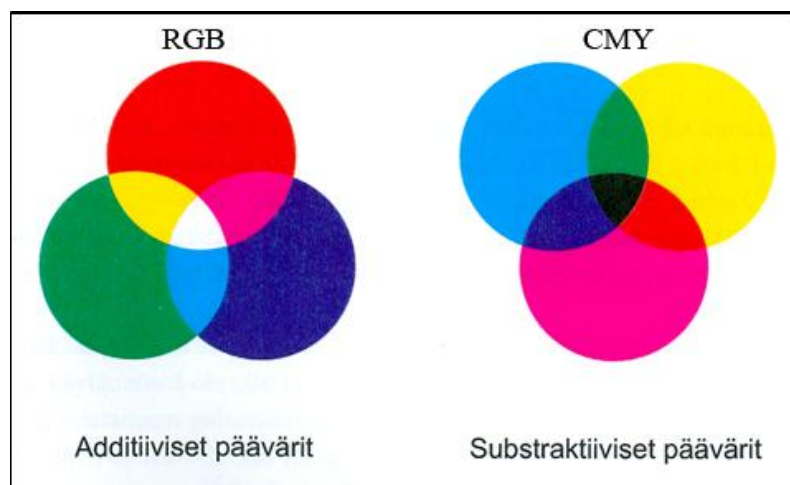
Bittikarttakuvat muodostuvat yksittäisten pikseleiden (pisteiden) joukosta, joista jokaisella on oma paikkakoordinaattinsa ja väriarvonsa. Pikseleiden määrä eli matriisien koko, määräytyy pysty- ja vaakasuuntaan olevien pikseleiden määrän mukaan, yksikkönä käytetään lyhennettä dpi (dots per inch eli pistettä tuumalla). Bittikarttakuvien suurentaminen vaikuttaa suoraan kuvan tarkkuuteen eli kuva "kärsii" kuvan suurentamisesta. Tämä johtuu siitä, että suurennettaessa kuvaa pisteiden etäisyys kasvaa, ja koska pisteiden lukumäärä pysyy samana, näkyy se kuvassa sutuisuutena ja rakeisuutena. (Toro 1999, 148.) Bittikarttakuvia käsitellään kuvankäsittelyohjelmalla, joista tunnetuin ja monipuolisin lienee Adobe Photoshop. (Helminen 2005, 27-28.)

Myös tekstit ovat yleensä piirto- ja taitto-ohjelmissa matemaattisesti kuvattuja objekteja. Vektoreiden tapaan tekstit ovat skaalautuvia, eikä niiden koon muutos vaikuta tiedoston kokoon. Tekstit kuitenkin eroavat vektoreista siinä määrin, että

kunkin kirjaimen piirto-ohje ei sijaitse dokumentissa vaan se on omana tietonaan tietokoneen käyttöjärjestelmässä. Microsoft Word ja Corel WorldPerfect ovat laajemmin levinneitä tekstinkäsittelyohjelmia. (Toro 1999, 139.) Mainoksien tekstit luodaan yleensä taitto- tai piirto-ohjelmilla. Yleisesti käytettyjä taitto-ohjelmia ovat mm. Adobe Indesign ja QuarkXpress. (Helminen 2005, 28.)

5.2 Värien esittäminen digitaalisessa muodossa

Trikromaattisen teorian mukaan mikä tahansa väri voidaan esittää kolmen sopivan valitun värin sekoituksena. Additiivisessa eli valoa lisäävässä värinmuodostuksessa suurin osa väreistä esitetään kolmen päävärin, eli punaisen, vihreän ja sinisen avulla (RGB = Red Green Blue). Vastaavasti subtraktiivisessa eli valoa vähentävässä värinmuodostuksessa värit esitetään edellisten värien vastaväreinä eli primäärivärien syaani, magenta ja keltainen (CMY = Cyan Magenta Yellow) sekoituksena.



KUVIO 16. Pää- ja primäärivärit eri sekoitustavoilla (Helminen, 2005, 29.)

Kolmen päävärin (RGB) yhdistelmällä saadaan valkoinen väri additiivisessa mallissa, kun taas subtraktiivisen mallin mukaisesti sekoitettuna saadaan kolmen primäärivärin (CMY) yhdistelmällä musta väri.

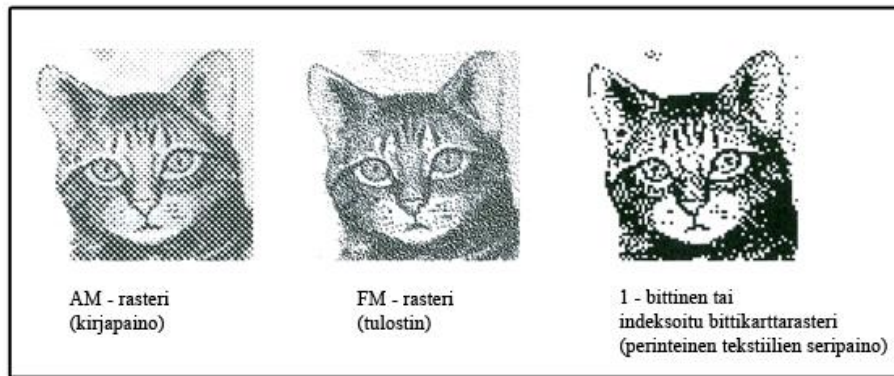
Substraktiivista värimallia on käytetty graafisessa tuotannossa kaupallisesti jo 1920-luvulta alkaen. CMY -primääriväreihin on lisätty K-väri (K = key eli kohdistusväri). Suurin syy kohdistusvärin lisäämiseen oli aikoinaan CMY -primäärivärien sekoituksella saatu tummanruskea väri mustan sijasta. Tämän vuoksi mustan värin saamiseksi esim. lehtien teksteihin, CMY -väreihin lisättiin K-väri. (Helminen 2005, 29.) CMYK -värijärjestelmää käytetään yleensä kuvan ja väripinnan painamiseen. RGB -värijärjestelmää käytetään taas yleensä tuotteissa, joita katsellaan tietokoneen näytöllä. Värit näkyvät tietokoneen näytöllä kirkkaina ja puhtaina. (Toro 1999, 95.)

5.2.1 Rasterointi

Rasteroinnin avulla pystytään saamaan värikuvasta eloisampi ja monivivahteisempi. Tietokoneen näytöllä sävyjen eroja pystytään muuttamaan portaattomasti (RGB) pikseleiden avulla. Jotkin tulostusmenetelmät eivät pysty toistamaan kuin kahta sävyä, eli tulosteen pohjaväriä ja täyttä primääriväriä (CMY). Jotta kyseiset kuvat saadaan näyttämään monisävykuvilta, tulee kuva rasteroida eli kuvan tulostuspisteitä järjestellään, niin että saadaan luotua illuusio jatkuvasävyisestä kuvasta. Hyvän tulostuskuvanlaadun määrittämiseksi on asetettu neljä arvostelukriteeriä:

- 1) sävyjen ja värien onnistuminen alkuperäiseen kuvaan nähden
- 2) häiriökuviodien ilmenemisen välttäminen kuvassa, joita ovat mm. raitaisuus, rakeisuus ja läikekuviollisuus
- 3) kuvan tarkkuuden ja terävyyden ylläpitäminen sekä yksityiskohtien toistokyky
- 4) tulostettavan pinnan ominaisuuksien ylläpito, mm. kiilto, tasaisuus ja pinnan muodot.

Rasteroinnilla vaikutetaan kolmeen ensimmäiseen kohtaan. On myös hyvä ottaa huomioon, että terävämpi kuva näyttää värikylläisemmältä ja kontrastiltaan paremmalta kuin pehmeäreunainen. (Helminen 2005, 31.)



KUVIO 17. kolme eri rasterityyppiä (Helminen 2001, 13.)

AM-rasterointia (amplitudimodulointi) käytetään yleisesti kirjapainossa. Kyseisessä rasteroinnissa eri harmaan sävyt saadaan aikaan kasvattamalla ruudussa olevaa pistettä, eli vaaleissa sävyissä piste on pieni ja täydessä peitossa se täyttää koko ruudun.

FM-rasterointia (frekvenssimodulaatorasterointi) käytetään taas tulostimissa, kuten mustesuihkutulostimissa. FM-rasteroinnissa jokaisen pisteen koko pysyy koko ajan vakiona, ainoastaan pisteiden lukumäärää lisätään peittoalan kasvaessa.

1-bittistä (indeksoitu) bittikarttarasteria käytetään perinteisessä tekstiilipainossa. Kyseistä rasterointia käytetään, mikäli painovärejä on pohjaväriin lisäksi yksi, jolloin puhutaan yksibittisestä kuvasta. (Helminen 2001, 13.)

5.2.2 Värihallinta ja värin mittaaminen

Värihavaintoon tarvitaan kolme elementtiä: valonlähde, havaittava kappale ja havaitsija. Ihminen havaitsijana pystyy mm. havaitsemaan mustan ja valkoisen värin väliltä 200 eri harmaan sävyä. Värin havaitseminen perustuu värin heijastaman valon määrään, jonka avulla havainto eri värisävyistä syntyy. (Helminen 2005, 30, 33-34.)

Kappaleen värimittauksen perustana on CIE:n (Commission Internationale de l'Eclairage) vuonna 1931 tekemä standardisointi. Tämä pohjalta kehittyi kolometria eli tiede, jossa muuttamalla värihavainto numeraaliseen arvoon pystytään havaitsemaan kahden värin saman sävyisyys. CIE:n värimalliin perustuu myös 1990-luvulla kehitetty ICC (International Color Consortium) värihallinta. (Helminen 2005, 35.)

6 SUUNNITTELUSTA VALMIIKSI TUOTTEEKSI

6.1 Suunnitteluprosessi

Perinteiseen kankaanpainantaan verrattuna digitaalisessa tulostuksessa suunnittelijan osuus, ja vastuu on huomattavasti suurempi. Kuosin suunnitteluun meneekin usein eniten aikaa, ja se vaatii suunnittelijalta luovuutta ja ohjelmien hallitsemista. Yhä useammin kuosi suunnitellaan asiakkaalle räätälöitynä työnä, jolloin aikataulussa pysymisen lisäksi on pystyttävä vastaamaan asiakkaan yksilöllisiin toiveisiin. (UJie 2005, 297.)

Digitaalinen tulostus mahdollistaa saumattomien ja jatkuvien kuosien suunnittelun, miljoonien värisävyjen tulostamisen ja realististen vaikutelmien aikaansaamisen valokuvien avulla, digitaalisesti käsiteltyjen muotojen ja kuvien yhdistelemisen sekä tuotteen kaavojen mukaan suunnitellun kuosin toteuttamisen. Pitkään ja saumattomasti jatkuvien kuvioiden painamista perinteisesti rajoittavat laaka- ja rotaatiopainamisen asettamat fyysiset rajat kuten laa'an pituus ja rotaatiosylinterin halkaisija (Campbell 2008, 233.)

Digitaalisessa tulostuksessa käytössä olevat CMYK -värit mahdollistavat laajojen väriskaalojen tulostamisen. Kuvien tulostus valokuvatarkkuudella on yksi digitaalisen tulostuksen kiistattomista eduista. Valokuvien vaatimien tarkkojen hentojen viivojen ja tasaisten liukuvärien aikaansaaminen ei ole mahdollista perinteisellä painamisella, ja hinnallisesti kymmenien laakojen käyttö tulisi liian kalliiksi. Valokuvien käsittely ja muokkaaminen on kuvankäsittelyohjelmien avulla helppoa. Miljoonien värien ja korkean tarkkuuden ansiosta kuvista saa tulostettuna jopa hämmäntävän todentuntuisia.

Myös pelkästään tekstiiliteollisuuden käyttöön tarkoitettuja suunnitteluohjelmia on kehitetty, kuten PrimaVision. Vaatteiden kaavojen asettelussa kuviolliselle kankaalle tulee ottaa huomioon kuvion kulku valmiissa tuotteessa. Kaavojen asetteluun kuvion mukaisesti aiheuttaa turhaa kangashukkaa. Digitaalisesti on mahdollista tulostaa haluttu kuosi juuri oikeaan kohtaan kaavan ääri viivoja pitkin, ja samalla säästyy tulostusväriä ja kangasta. (UJie 2006, 345-349, 321-322.) Kuosin suunnittelussa on otettava aina huomioon tulostimen asettamat rajat, kuten tulostettavan kankaan paksuus, tulostusleveys ja tulostusvärien sopivuudet eri kangasmateriaaleille. Kuvion toimivuus lopullisessa tuotteessa on myös tärkeää. Suunnittelussa kuosissa tulee hyödyntää digitaalisen tulostamisen antamat mahdollisuudet ja muistaa, että vain mielikuvitus on rajana.

Digitaalisesti suunniteltu vaate tai muu esine pystytään helposti räätälöimään asiakkaan tarpeiden mukaiseksi. Räätälöiminen tarkoittaa vaatteessa mm. oman tyylin mukaisen mallin ja siihen sopivan värin, kankaan ja koon valitsemista. Omien tarkkojen mittojen ottaminen onnistuu myös digitaalisesti Body Scanner -laitteen avulla, joka laser-mittauksen avulla ottaa tarkat vartalon mitat digitaalisesti tietokoneelle. Ohjelmien kautta mitatut tiedot ja valittu kuosi voidaan lopuksi tulostaa digitaalisella tulostimella. (Campbell 2008, 235.)

6.1.1 Trendien seuranta

Jatkuva trendien seuranta kuuluu suunnittelijan työhön ja on tiedettävä parhaimmillaan vuotta eteenpäin mitä seuraavan vuoden trendeiltä odotetaan. Erityisesti vaateollisuudessa sesonkien nopea vaihtuvuus ja viimehetken muutokset trendeissä on otettava huomioon. Puoli vuotta aikaisemmin suunnitelluista vaatteista saattaa tulla kesken sesongin uusi väri, kuvio tai jopa kokonaan uusi tuote. Muutokseen on pystyttävä reagoimaan nopeasti ja lyhyellä varoitusajalla. Jotta tällainen prosessi saataisiin käyntiin, perinteisessä kankaanpainannassa kyseinen sesonki on jo ohi. Digitaalisessa tulostuksessa muutoksiin pystytään sen sijaan reagoimaan heti.

6.1.2 Kuluttajalähtöinen ajattelu ja työn räätälöinti

Jo pitkään markkinoita hallinnut massatuotanto on saanut viimeaikoina kilpailijakseen yksilölliset kuluttajille räätälöidyt tuotteet. Tuotteiden tuottaminen massana samanvärisinä, kokoisina ja mallisina ei vastaa enää kuluttajien odotuksia yhtä hyvin kuin ennen. Yrityksien tulee olla valmiita reagoimaan kuluttajien tarpeisiin myös lyhyiden varoitusaikojen sisällä. Yritykset, jotka pystyvät vastaamaan kuluttajien tarpeisiin nopeasti ja joustavasti, ovat vahvoilla. (Ujii 2006, 293.) Digitaalinen tulostaminen on tekniikaltaan juuri ihanteellinen lyhyiden tuotantosarjojen tekemiseen. Räätälöityjen tuotteiden kysyntä laajenee jatkuvasti. Vaatteiden lisäksi räätälöidyt tuotteet ovat tulleet tutuiksi niin huonekaluissa kuin keittiö- ja autotuotteissakin. Asiakkaiden omien kuvien käyttö kankaalla, tapetilla ja keittiölaatoissa tarjoaa lähes rajattomat mahdollisuudet räätälöityjen tuotteiden toteuttamiseksi. Räätälöityjä tuotteita ovat muun muassa maailman muotitalojen luomukset sekä erilaiset "rajoitetut erät" (Limited edition), jolloin kyseistä tuotetta on saatavilla vain hyvin pieni ja rajoitettu erä. Räätälöity tuote ei aina tarkoita yhtä kappaletta tiettyä tuotetta. (Campbell 2008, 235.)

6.2 JIT (just-in-time) -toimintamalli

Just-In-Time (JIT) on johtamisfilosofia, jota käytetään teollisuudessa ja kaupantalalla. Tarkoituksena on parantaa tehokkuutta tuotanto- tai myyntiprosessin kokonaisuudessa. JIT on käännetty suomalaisittain JOT, mikä tarkoittaa juuri oikeaan tarpeeseen. Tämä toimintamalli on peräisin Japanista 1950-luvulta. Suomessa siirryttiin käyttämään JOT -mallia vasta 1970-luvulla. Erityisesti metalli- ja elektroniikkateollisuus ovat ottaneet toimintamallin omakseen. (Tiainen 1996, 2-3, 8.)

JIT -toimintamalli perustuu saumattomaan, toimivaan ja kommunikoivaan työn etenemiseen. Kaikkien tulee tietää oma paikkansa ja vastuunsa toimivassa yrityksessä ja tiedon tulee kulkea vaivattomasti osapuolilta toisille. Näin taataan oikeaan aikaan saapuvat materiaalit, valmistuksen ajoitus ja tuotteen valmistuminen ajallaan. Tärkeää on myös asiakkaan tarpeiden huomioon ottaminen. Jälleenmyyjien ja

valmistajien tulee olla joustavia toisiaan kohtaan, jotta malli toimii. (Ujii 2006, 312-313.)

Vaatteiden valmistuksessa on monta eri valmistajaa ja vaihetta ennen kuin tuote on täysin valmis, joten on aina varauduttava yllättäviin muutoksiin. JIT -toimintamalli sopii hyvin digitaaliseen tulostamiseen, joka perustuu asiakaslähtöisyyteen. Mallin mukaisesti tulostettaisiin ainoastaan asiakkaan tarpeen mukaan eikä varastoon varmuuden vuoksi. (Ujii 2006, 312-313.) Wantuck:n vuonna 1989 kehittämän seitsemän periaatteen mukaan on helppo ymmärtää JIT -filosofian perusteet:

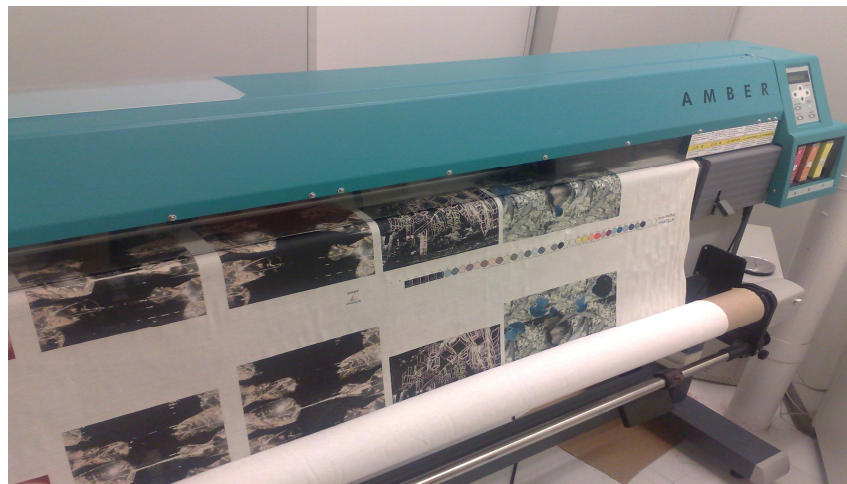
- 1) valmistetaan tuotteet juuri asiakkaiden tarpeiden mukaan
- 2) vältetään ylimääräinen hukka
- 3) valmistetaan yksi kerrallaan
- 4) saavutetaan jatkuva kehitys
- 5) arvostetaan ihmisiä
- 6) ei hyväksytä satunnaisia menoja
- 7) kannustetaan pitkäkestoisuuteen.

Erityisesti kolme ensimmäistä periaatetta soveltuvat hyvin digitaaliseen tulostustoimintaan. Digitaalisella tulostuksella pystytään vastaamaan asiakkaiden vaihtuviin ja erilaisiin tarpeisiin nopeasti ja helposti. Ylimääräistä hukkaa ei myöskään synny, kun tulostettava kuosi pystytään räätälöimään juuri halutunlaiseksi ja kuosin muuttaminen toisenlaiseksi onnistuu nopeasti ilman ylimääräisiä painatuksia ja testejä. Digitaalisen tulostamisen jatkuva kehittyminen osoittaa sen tarpeellisuuden tulevaisuuden kankaantulostuksessa. Kuosien suunnittelussa digitaalinen tulostaminen mahdollistaa taiteellisen vapauden, mikä ei ole ollut aikaisemmin mahdollista perinteisessä painamisessa. Suunnittelussa vapaus syntyy erityisesti siitä, ettei kuvion kuluja tarvitse ajatella, eikä värien määrää ole rajattu. Ylimääräisiä ja satunnaisia menoja ei synny kun tulostaminen perustuu "tulostus tarpeen mukaan" periaatteen. Vaateteollisuudessa digitaalisia tulostimia käytettiin alussa ainoastaan tuotekehityksessä ja mallien tulostuksessa. Jatkuvasti kehittyvän teknologian ansiosta valmistajien odotetaan ottavan tulostimet käyttöön tulevaisuudessa myös tuotantolinjoille. (Ujii 2006, 313-314.)

7 STORK AMBER -MUSTESUIHKUTULOSTIN

Tässä työssä käytettiin Stork Amber -mustesuihkutulostinta, jota voidaan käyttää niin reaktio- kuin happoväreillä. Tulostin otetaan käyttöön jollakin edellä mainitusta väreistä, minkä jälkeen se kalibroidaan ja muunnetaan kyseiselle värille sopivaksi. Siirtyminen jälkeensä esim. reaktioväreistä happoväreihin on työlästä ja hankalaa, siksi tuleekin valita heti alussa oikea tekstiiliväri.

Stork Amber -tulostin otettiin käyttöön Metropolia ammattikorkeakoulussa (entiseltä nimeltä Evtex) vuonna 2002. Tulostinta käytetään opetuskäytön lisäksi vedoksien ja pienien testisarjojen tulostukseen tilaustyönä yksityisille taiteilijoille ja yrityksille. Amber -tulostimessa otettiin käyttöön reaktiovärit, joilla tulostetaan mm. puuvillalle, puuvillasatiinille, trikoolle, silkille ja silkkikrepille. Kankaat hankitaan koululle suoraan Storkilta valmiiksi esikäsiteltyinä.



KUVIO 18. Metropolia AMK:n Stork Amber -mustesuihkutulostin

7.1 Väripäät ja värin kuljetus

Amber -mustesuihkutulostimessa on seitsemän väripäätä, joissa kussakin on 360 suutinta. Seitsemästä väristä yksi on erikoisväri, jonka saa tarvittaessa käyttöön. Väripäät ovat Epsonin valmistamia DOD (drop-on-demand) pietsomustesuihku-teknikalla toimivia.

Värisäiliöt sijaitsevat molemmilla puolilla tulostinta 2+1 ja 3. Itse tulostuskelkassa ei siis ole kiinni värisäiliöitä, vaan tulostuskelkkaan menee jokaisesta väristä väriä kuljettavat letkut. Kyseisessä tulostimessa ei ole käytössä seitsemättä erikoisväriä, joten värisäiliöt asettuvat seuraavasti vasemmalta oikealle: 1. tyhjä 2. musta (K) 3. urkoosi (C) 4. aniliininpunainen (M) 5. oranssi 6. keltainen (Y). Väreistä 2-4 ja 5-6 ovat samassa väripäässä. Laite ilmoittaa väripatruunoiden tyhjenemisestä vasta kun väri on täysin tyhjä, eikä tulostin jatka tulostusta, ennen kuin väripatruuna on vaihdettu uuteen.

Mikäli tulostimella ei ole tulostettu pitkään aikaan tai tulostuksessa näkyy viivaa, on hyvä tehdä puhdistus ja tarkistaa tulostuspäitä puhdistavan pyyhkijän tila. Tulostin ilmoittaa, mikäli pyyhkijä on vaihdettava uuteen. Pyyhkijä on tulostuskelkan telakan puoleisessa päässä oleva kuminen tela, joka pyyhkii tulostussuuttimet kelkan kuljettua sen yltä.

7.2 Tulostaminen Amber -mustesuihkutulostimella

Amber -mustesuihkutulostimella tulostaminen on selkeiden ohjelmien takia helppoa ja vaivatonta. Värien skaalaaminen ja toistettavuus on tarkastettava ja tallennettava ohjelmistoon ja tulostimeen. Värien skaalaaminen tehdään yleensä tulostimen käyttöönoton yhteydessä. Tulostustyön käsitteleminen tapahtuu tulostimen ohjelman kautta, jossa tulostettavat kuosit ja kuvat asetellaan asetteluohjelman avulla kan-kaalle tulostettavaan kohtaan ja järjestykseen. Ohjelman avulla kuosia pystytään toistamaan, peilaamaan ja asettelemaan haluttuun kohtaan tulostettavaa kangasta.

Ennen tulostuksen aloittamista tulee suorittaa muutamia toimenpiteitä ja ensimmäisenä tulostimeen täytyy vaihtaa tarkoitukseen sopiva kangas. Kankaan vaihdon jälkeen tulee tulostimen antaa automaattisesti mitata uuden kankaan leveys, jotta tulostin pystyy arvioimaan seuraavaa työtä tulostettaessa kankaan reunat. Kankaan leveys tallentuu myös tulostimen yhteydessä käytettävään ohjelmaan, jotta uudet tulostustyöt pystytään asettelemaan uuden kankaan leveyden mukaan. Mikäli ei haluta että tulostusala on koko kankaan leveys, tulee se merkitä käsin säädettävillä tulostusalamerkeillä (metalliliuskat). Metalliliuskojen avulla tulostuskelkka tunnistaa kohdan, joihin tulostus halutaan rajattavan näin tulostin merkkää tulostettavan alueen rajan.

Ennen tulostamista on syytä varmistaa, etteivät tulostuspäät tai suuttimet ole tukossa. Huolto ja puhdistus on muutenkin hyvä tehdä tasaisin väliajoin. Huollon avulla saadaan tulostuspäät ja suuttimet pysymään avoinna, ja samalla nähdään ennen tulostamisen aloittamista, mikäli jokin väripäistä on pahasti tukossa. Huollon ja puhdistuksen yhteydessä tulostin tulostaa liuskan, josta pystyy tarkistamaan eri värien tulossuuttimien tilan. Mikäli tulostettavasta liuskasta ilmenee, että suuttimia on tukossa useampia, tulee tulostimelle ajaa puhdistustesti.

Kun puhdistustesti on tehty ja tulostuspäissä ei ole tukkeumia, voidaan tulostaminen aloittaa. Tulostuksessa tulostuskelkka liikkuu vaakasuunnassa tulostettavan materiaalin päällä. Tulostuksessa sekä tulostettava materiaali että tulostuskelkka liikkuvat, mutta eivät samanaikaisesti.

7.3 Tulostusnopeus

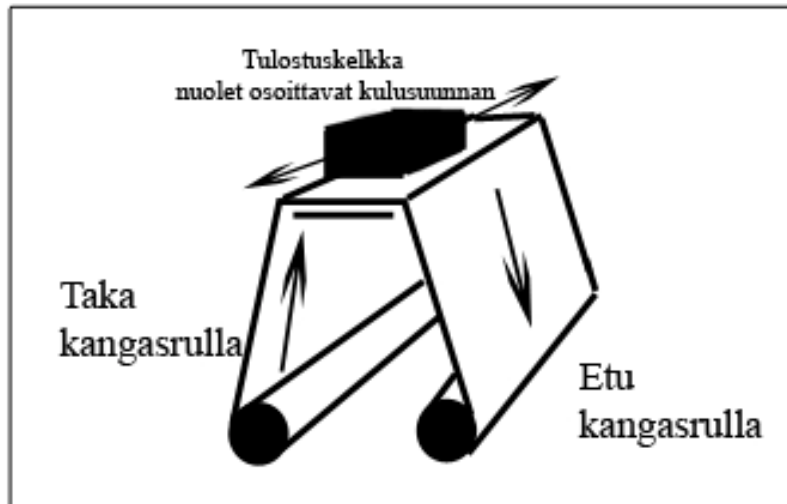
Tulostusnopeuteen vaikuttavat tulostuskelkan liikkumisnopeus, kuinka leveää materiaalia tulostetaan, huoltotöiden takia aiheutuvat seisokit sekä kankaan vaihtoon menevä aika. Stork Amber -tulostimessa tulostuskelkka tulostaa molempiin suuntiin, eli kyseessä on binääritulostus. Tämä tulostustapa nopeuttaa tulostusta, mutta saattaa heikentää nopeassa tulostusnopeudessa tulostettavan kuvan tarkkuutta.

7.4 Tulostussuunta ja kankaan ohjaus

Tulostettaessa myös tulostussuunnalla on merkitystä. Vaihtoehdot ovat että tuloskelkka tulostaa vain yhteen suuntaan mennessä tai molempiin. Tulostettaessa molempiin suuntiin suurella nopeudella ja pienellä resoluutiolla on aina vaarana kelkan ilmavirran mukaan tempautuva mustepisara (tarkemmin kappaleessa 4). Monissa tulostimissa on säätömahdollisuudet juuri tätä ongelmaa ajatellen, jolloin pisaran ampumisajankohtaa pystytään säätämään kelkan liikkeessä tiettyyn suuntaan.

Tulostussuunnan lisäksi kankaan ohjauksella on suuri merkitys hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi ja kankaan tulee pysyä paikoillaan koko tulostuksen ajan. Tähän auttaa tasainen kankaankelausmekanismi, imupöytä ja kankaanohjaustelat. Amber -tulostimessa on kankaanohjaustelat ja rullalta rullalle kelaus, joka takaa tasaisen kankaan liikkeen. Amberilla pystytään tulostamaan maksimissaan 160 cm leveää kangasta, kun taas kankaan paksuus maksimissaan saa olla 7 mm. Tulostintason ja tulostuspään etäisyys (7cm) tulostetusta materiaalista rajoittaa paksujen materiaalien tulostamista, mutta tekstiileille tarkoitettuun tulostamiseen se on juuri sopiva. Stork Amberilla tehdyt testaukset tulostettiin Storkin esikäsitellyille silkki- kreppi- ja viskoosikankaille.

Tulostimen kankaankelaus koostuu kahdesta rullasta, joista tulostimen takana oleva rulla vapauttaa kangasta ja edessä oleva rulla tulostuksen jälkeen kelaat kankaan takaisin rullalle. Valmiiksi esikäsitelty kangas kulkee takarullalta ohjaustelojen ja koko kankaan leveydeltä olevien metallisten telojen kautta, jotka pitävät kankaan paikalla tulostuksen ajan. Tulostuksen jälkeen kangas rullataan tulostimen edessä olevalle eturullalle (kuvio 19.).



KUVIO 19. Kankaan kuljetus Stork Amber -tulostimessa

7.5 Tulostuksessa käytettävät musteet

Mustesuihkutulostukseen on tarjolla erilaisia tekstiileille tarkoitettuja värejä. Stork Amber -tulostimella on mahdollista tulostaa joko reaktioväreillä tai happoväreillä. Metropolia oli ottanut tulostimessaan käyttöön reaktiovärit. Tulostimessa heillä on käytössä Storkin omat reaktioväripatruunat. Amber tulostimeen valittu reaktioväri vastasi haluttujen pohjamateriaalien osalta käyttötarkoitusta.

Amber -tulostin käyttää CMYK- eli prosessivärejä, jotka perustuvat perusväriin syaaninsininen (turkoosi), magendanpunainen (aniliininpunainen), keltainen ja musta. Lisäksi Amber -tulostimessa on oranssi väri tuomassa lisää sävyjä tulostuksiin. Kyseisessä tulostimessa kuudes väripaikka on tyhjänä.

7.6 Tulostuskankaat

Reaktiovärejä varten Storkilla on tällä hetkellä tarjolla valmiiksi esikäsiteltyjä kankaita puuvillasta, puuvillasatiini, silkistä, viskoosista, polyamidista ja pellavasta. Happovärejä varten parhaita pohjakangasmateriaaleja ovat villa ja silkki, joilla on hyvä haponkesto.

7.6.1 Esikäsitely

Esikäsitelyllä tarkoitetaan ennen tulostusta kankaan pintaan imeytettyä tai siveltyä ainetta, joka tulostettavan pigmentin jälkeen höyrytyksessä reagoi ja kiinnittää värin kiinni pohjakankaaseen. Esikäsitely voi tehdä itsekin sekoittamalla ohjeen mukaan oikea esikäsitelymassa kankaan pintaan, jonka tulee kuivua kokonaan ennen tulostusta. Suurempia aloja tulostettaessa ja tasaisen laadun takaamiseksi valmiiksi esikäsitellyt kankaat ovat hyvä vaihtoehto. Valmiiksi esikäsitellyt kankaat tulevat usein valmiiksi rullalla ja esikäsitelymassa on tasaisesti levitetty mekaanisesti kankaaseen. Kangaspohjia on kymmeniä ja soveltuvuus Storkin tulostimiin sekä käytettäviin reaktioväreihin on juuri optimaalinen hyvän tuloksen saavuttamiseksi.

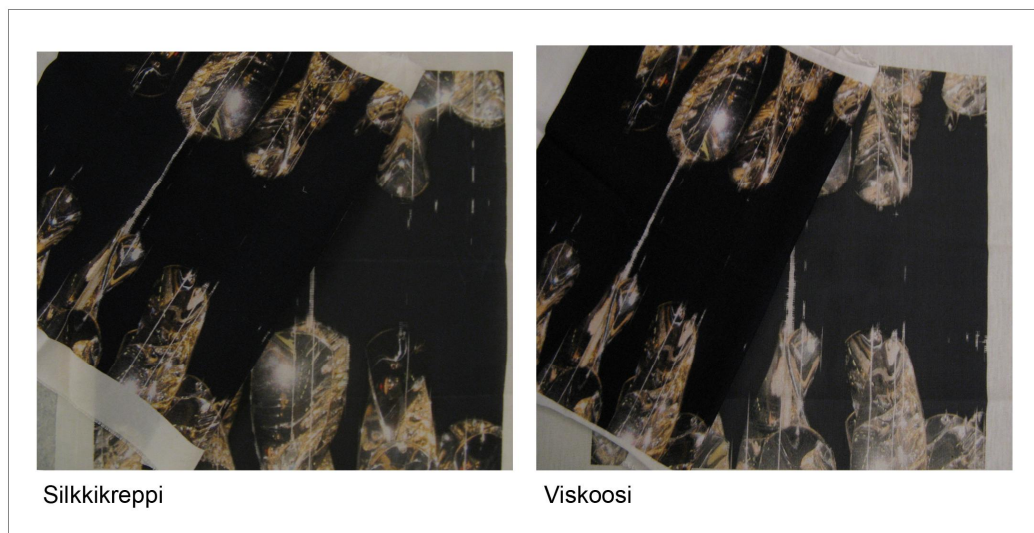
7.6.2 Jälkikäsitely

Amber-tulostimessa jälkikäsitely suoritetaan reaktioväreille yleisesti seuraavassa järjestyksessä: 1) höyrytys 2) kylmäpesu 3) pohjamateriaalin mukainen vesipesu. Testimateriaaleille tehtiin kyseisen järjestyksen mukainen jälkikäsitely. Alla kerrotaan tarkemmin edellä mainituista vaiheista.

Ensimmäisessä vaiheessa eli höyrytyksessä tulostettu kangas asetetaan höyrytyskaappiin tai höyrytyssukkulaan. Metropolissa kankaiden höyrytyksessä käytetään höyrytyssukkulaa. Höyrytyksessä sukkulassa tulee olla tasainen +102 celsiusasteen lämpötila. Höyrytyksen aikana tai sitä ennen kangas ei saa olla kosketuksissa veteen, jotta värit eivät leviäisi. Leviämisen ja ylimääräisen nesteen kerääntymistä vähennetään tulostetun kankaan ympärille rullattavalla puuvillakankaalla, jonka tarkoituksena on imeä mahdolliset ylimääräiset nesteet itseensä ja estää värin leviäminen. Höyrytyksessä jo 102-asteen lämpötila avaa kankaan kuituja, ja näin väri pääsee imeytymään kankaan sisään ja väri kiinnittyy kunnolla kankaaseen. Stork suosittelee tulostuksen ja höyrytyksen välille 24 tunnin taukoa. Metropolian tulostuksissa 24 tunnin raja on ylitetty muutamaan kertaan, eikä tämä vaikuttanut loppu-

tulokseen juuri lainkaan. Parhaan lopputuloksen takaamiseksi Storkin suositusajkaa tulisi kuitenkin noudattaa.

Höyrytyksen jälkeen kangas pestään kylmällä vedellä. Kylmävesipesu irrottaa höyrytyksessä kiinnittymättömän värin niin että se ei tahri muuta kangasta. Kankaan voi joko pestä lyhyellä ohjelmalla pesukoneessa tai liottaa käsin kylmässä vedessä 20 minuutin ajan. Viimeisenä vaiheena jälkikäsittelyssä on vesipesu, joka tulee tehdä pohjamateriaalin mukaisessa lämpötilassa. (taulukot 3 ja 4 kappaleesta 10, silkkikreppi ja viskoosi).



KUVIO 20. Silkkikreppi ja viskoosi (molemmissa kuvissa vasemman puoleinen pala höyrytyksen ja pesujen jälkeen ja oikean puoleinen tulostuksen jälkeen)

8 ZÜND UVJET 215 -MUSTESUIHKUTULOSTIN

Zünd UV jet 215 otettiin käyttöön Kirena Oy:ssä vuonna 2003. Kyseinen UV-tulostin oli ensimmäinen yritykselle hankittu digitaalinen tulostin. Kirenassa tulostinta käytetään tulostettaessa kuvioita ja valokuvia liukuoviin.



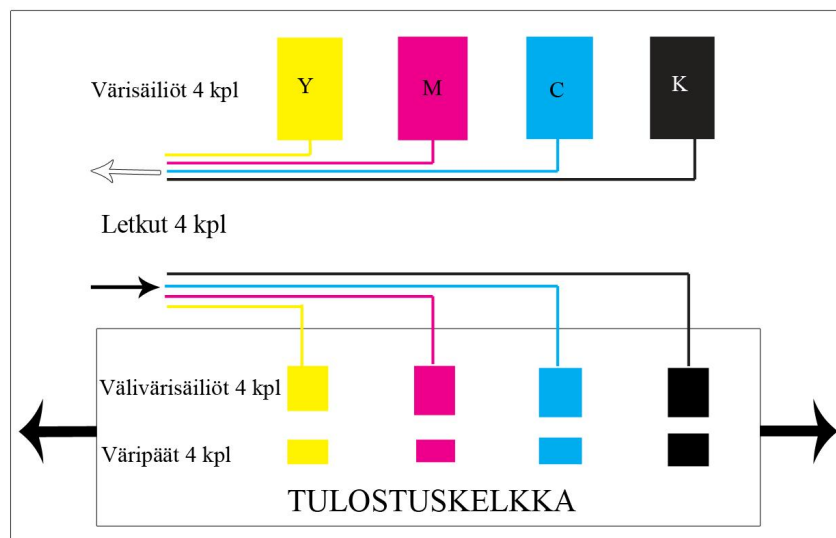
KUVIO 21. Zünd UV jet 215 -mustesuihkutulostin ja tulostusaputaso

8.1 Väripäät ja värin kuljetus

Zünd UVjet 215 -tulostimessa on neljä 500 suuttimesta koostuvaa väripäätä. Väripäät ovat Zaarin valmistamia DOD -pietsomustetekniikalla toimivia. Tulostin käyttää CMYK -värejä, ja väripäitä on neljä: 1. (Y) keltainen, 2. (M) aniliininpunainen, 3. (C) turkoosi 4. (K) musta. Väripäät sijaitsevat värikelkassa kyseisessä järjestyksessä vasemmalta päin katsottuna. Tulostimella pystytään tulostamaan maksimissaan 2150 mm leveätä ja 40 mm paksua materiaalia. Kuviossa 22 nähdään tulostimen tulostuskelkka ja värin kulkeutuminen värisäiliöistä aina väripäihin asti. Kyseisessä tulostimessa ei siis ole valkoista väriä, haaleaa sinistä eikä haaleaa punaista,

jotka löytyvät kalliimmasta ja uudemmasta Zünd UVjet 215 plus -tulostimesta. Useimpia tulostimia pystytään kuitenkin päivittämään ja värejä lisäämään tulostuskelkkaan, mutta usein päivittämisestä aiheutuvat kulut nousevat liian korkeiksi. Kyseisellä tulostimella pystytään tulostamaan maksiminopeudella n. 270 m²/h ja parhaalla tulostusjäljellä n. 107 m²/h. (Sesoma-sericomex group 2007.)

Kyseisessä tulostimessa kuhunkin väripäähän menee oma värinsyöttöletku, jonka kautta väri imetään pieniin tulostuskelkassa oleviin värisäiliöihin. Tulostuskelkassa olevien pienten välivärisäiliöiden kautta väri pumpataan väripäiden ja suuttimien kautta tulostettavaan materiaaliin. Päävärisäiliöt ovat kooltaan neljä litraa, ja ne täytetään aina tarvittaessa säiliöiden päällä olevasta aukosta. Tulostin ilmoittaa mikäli väri on loppumassa. Esimerkiksi jos aloitetaan suurempaa tulostustyötä, kone laskee säiliöissä olevan värimäärän ja ilmoittaa, mikäli väri ei riitä kyseiseen tulostukseen. Täyttövärisaavit ovat kooltaan viisi litraa ja kyseisessä tulostimessa Sericol-merkkiä.



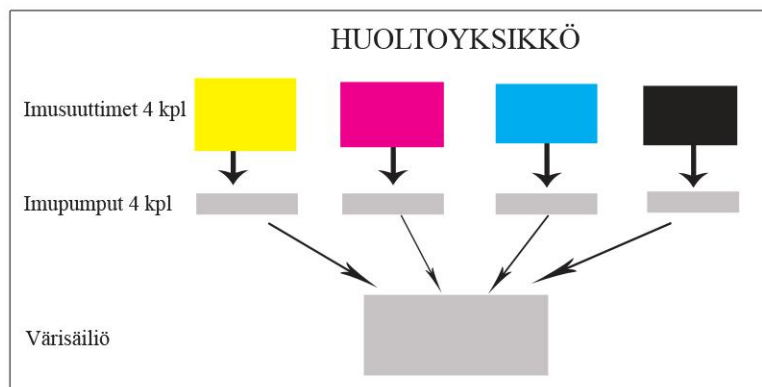
KUVIO 22. Zünd UVjet 215 -tulostuskelkka ja värisäiliöt

Välisäiliöiden yhtenä tarkoituksena on mm. suodattaa värimusteessa olevat epäpuhtaudet, jotta ne eivät kulkeutuisi tukkimaan suuttimia, ja samalla ne myös tasaavat paineen väripäille sopiviksi. Välisäiliöiden tarkoituksena on myös estää vä-

rimusteen pakenemisen silloin, kun pietsokide laajenee väripäässä ja samalla paine kasvaa, jolloin väri pyrkii pakenemaan letkua pitkin takaisin säiliöön. (Helminen 2005, 16-17.)

Väripäille ja sen suuttimille tulee suorittaa tasaisin aikavälein huolto ja puhdistus. Yleensä huolto tehdään tulostimessa olevan ohjelman ja huoltoyksikön avulla ja huoltotoimenpiteen aikana imupumppujen avulla imusuuttimista imetään suuren paineen avulla väriä väripään ja suuttimien läpi, ja samalla se avaa mahdolliset suuttimissa ilmenneet tukokset. Paineella suuttimien läpi ammuttu väri menee sille tarkoitettuun värisäiliöön. Huolto olisi hyvä tehdä aina ennen tulostustyön aloittamista. Mikäli kone on seisonut vain lyhyen ajan, sille on suositeltavaa suorittaa ensin testitulostus. Testitulostuksen avulla nähdään, onko jokin suutin tukossa, ja näin havaitaan mahdollinen väripäiden huollon tarve.

Testauksen aikana kyseisen tulostimen testitulosteissa ei ilmennyt kuin muutama tukos yhteensä kaikissa neljässä tulostuspäässä sijaitsevista 36 tulostussuuttimessa, eikä ennen testikankaiden tulostusta ollut tarvetta tehdä huoltotulostusta väripäille. Muutamien suuttimien tukkeutuminen väriä kohden ei tosin vielä vaikuta tulostuksen jälkeen.



KUVIO 23. Zünd UVjet 215 -tulostimen väripäiden huoltoyksikkö.

Kyseisessä tulostimessa on huoltoyksikön ja tulostettavan alan välissä puhdistuskuppi. Tähän puhdistuskuppiin tulostin päästää automaattisesti tulostustyön aikana

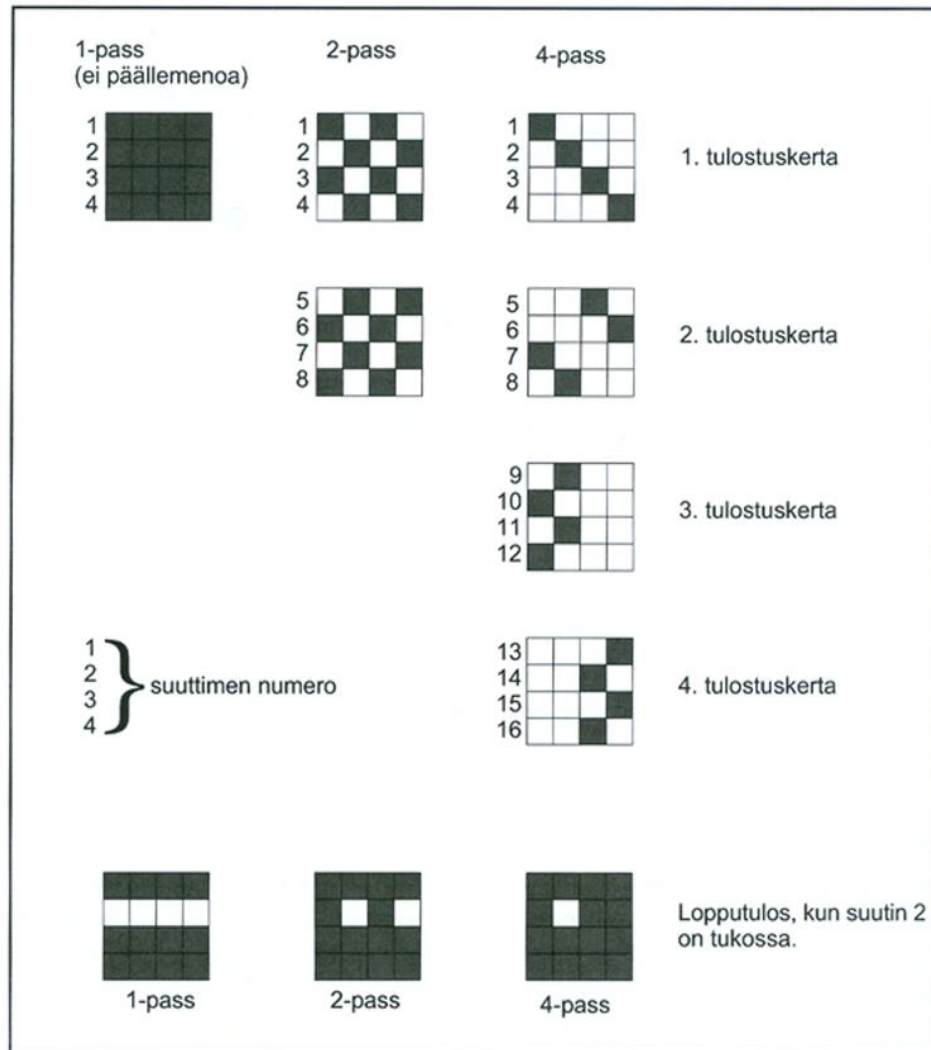
sitä väriä, jota vähiten tulostuksen aikana käytetään ja näin estää kyseisen värin suuttimen tukkeutumisen. Puhdistuskuppi tulee puhdistaa tasaisin väliajoin.

8.1.1 Valkoinen väri

Zünd UVjet 215 -tulostimessa on syytä huomioida muun muassa kankaille ja muillekin pinnoille tulostettaessa valkoisen värin puuttuminen. Valkoisen värin puuttuminen vaikuttaa lähinnä tulostettavan pohjamateriaalin valintaan. Materiaalin tulee olla väriltään vaalea, mikäli valkoista väriä ei ole koneessa. Värien toistettavuus tummiin materiaaleihin tulostettaessa on tuolloin huono. Kirkkaita, haaleita sävyjä ei pystytä tulostamaan tummiin pohjamateriaaleihin ilman valkoista väriä. Kaikki testimateriaalit ovat tämän takia väriltään valkoisia ja kyseisessä tulostimessa on ainoastaan CMYK -päävärit, joilla saa monen sävyisiä värejä, mutta pääväriin saatavia hennompiä värejä (vaaleanpunainen, vaaleansininen, oranssi ym.) käyttäen saa luonnollisemman näköistä ja valokuvamaisempaa tulostusjälkeä.

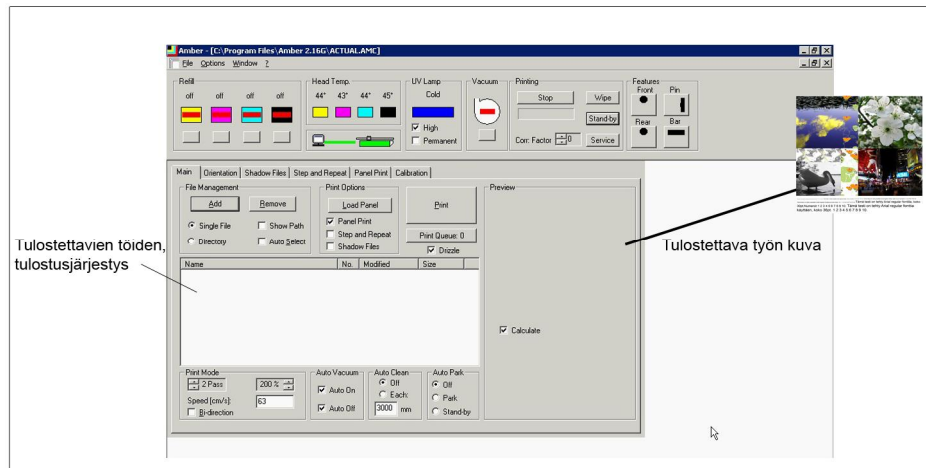
8.2 Tulostuskerrat eli pass- toiminto

Tulostuskertojen määrä eli pass-toiminto vaikuttaa sekä tulostuslaatuun että nopeuteen. Pass-toiminnolla pystytään vaikuttamaan siihen, kuinka leveää jälkeä kelkka tulostaa (kuvio 24.) Toisin sanoen mitä enemmän toistokertoja on yhtä tulostettavaa vaakariviä kohden, sitä vähemmän mahdolliset suuttimien tukkeutumis- set vaikuttavat tulostusresoluutioon. Pass-toiminnon avulla pystytään myös paikkaamaan mahdollisten suuttimien tukkeutumisia asettamalla toiminto mahdollisimman suureksi.



KUVIO 24. Pass -asetuksen vaikutus tulostukseen (Helminen 2005, 19.)

Kirenan Zünd UVjet 215 -tulostimen käyttöönoton yhteydessä tulostimella tehtiin testaustulostuksia, joiden avulla löytyivät nykyisin käytössä olevat parhaat tulostussuhdeasetukset puu- ja lasipinnoille tulostettaessa. Tuloksen perusteella paras jälki syntyy 2 -pass- 200% asetuksella tulostusohjelmasta (kuvio 25). Jos haetaan intensiivisempää tulostusjälkeä saadaan se asetuksilla 1 -pass- 400%, jolloin värin määrä on maksimissaan. Värin suuren määrän pystyy näkemään ja tuntemaan tulostetussa pinnassa tulostuksen jälkeen. Tällä asetuksella 1-pass nopeuttaa tulostamista, koska tulostusraidan leveys on suurin mahdollinen. Testikankaat tulostettiin asetuksilla 2 -pass- 200%, ja ylimääräinen testi tehtiin satiinille asetuksella 1 -pass- 400%.



KUVIO 25. Zünd UVjet 215- tulostimen tulostusohjelma Amber 3.0 tulostuskäyttö

8.3 Huomioitavaa teksteille tulostettaessa

Kankaalle tulostaminen eroaa monessa suhteessa lasille ja levyille tulostamisesta. Kankaalle tulostettaessa on otettava huomioon erilaisia asioita, kuten kankaan imukyky, pinnan nukkaisuus, sileys, UV-valonkesto, lämmön mahdollinen vaikutus, kuten kankaan kellastuminen UV-valon vaikutuksesta sekä kankaan paksuus. Zünd UVjet 215 -tulostimelle kankaan paksuus ei ole ongelma, sillä koneella pystytään maksimissaan tulostamaan 40 mm paksuja materiaaleja. Tulostimessa on tasotulostusmahdollisuus. Tasotulostusta on hyvä käyttää, mikäli kangas ei ole tarpeeksi pitkä mennäkseen rullalta rullalle. Tällöin on otettava huomioon tulostuksen aikana mahdollinen kankaan reunan nousu, joka voi osuessaan liikkuvaan tulostuskelkkaan pilata koko työn. Paras tapa kankaita tulostettaessa on tulostaa suurempia määriä käyttäen rullalta rullalle -toimintoa. Erityisesti suuria kangasmääriä tulostettaessa kankaan on hyvä olla jo valmiiksi rullalla, jotta sen saa aseteltua helposti tulostimeen, niin että se palaa takaisin rullalle tulostuksen jälkeen. Tällöin kangas pysyy tiukkana koko tulostuksen ajan. Rullat pitävät koko tulostuksen ajan kankaan paikoillaan ja estävät sen venymisen ja liikkumisen tulostuksen aikana. Tasossa on lisäksi imumahdollisuus, joka pitää materiaalin paikoillaan tulostuskelkan kulkiessa sen päältä. Levyjen ja taipumattomien materiaalien tulostaminen on hoidettava käyttäen pelkästään tulostustasoa.

9 DIGITAALISEN TULOSTIMEN HANKINTA

Tässä kappaleessa käydään läpi digitaalisen tulostuksen hankintaa koskevia asioita, mitä tulee ottaa huomioon ja mitä on tarjolla. Digitaalisen tulostimen hankinnassa on hyvä lähteä siitä millaiseen tarkoitukseen tulostinta hankitaan; halutaanko sillä tulostaa tekstiileille, puulle, metallille tai lasille, tulostetaanko joka päivä vai kerran viikossa, kuinka tarkkaa jälkeä halutaan saavuttaa ja kuinka paksuja materiaaleja on tarkoitus tulostaa. Lisäksi tulee pohtia tarvitaanko rullalta rullalle -tulostin vai tasotulostin. Joissain tulostimissa on tarjolla myös molemmat toiminnot. Värien määrä tulostimessa on tärkeä tekijä ja huomioon tulee myös ottaa se halutaanko tulostimessa olevan valkoinen väri. Luonnollisesti tulostimen hankintabudjetti on myös yksi ratkaiseva tekijä oikeaa laitetta valittaessa.

9.1 Käyttötarkoitus

Markkinoilla on tarjolla monenlaisia ja eri tarkoituksiin soveltuvia digitaalisia tulostimia. Tulostimien käyttötarkoitusten ja mallien mukaan tulostimet voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan: kappaletulostimet, tasotulostimet ja rullalta rullalle -tulostimet

Kappaletulostimissa, esim. t-paidoille tulostettaessa, tulostimessa tulee olla kyseisille tuotteille suunniteltu tulostustaso. Tasotulostimia taas käytetään yleensä puulle, metallille ja lasille. Kyseisten materiaalien taipumattomuus vaatii tasotulostusta, jotta materiaalit kulkevat tulostuskelkkojen alla tasaisesti. Usein tasotulostimissa on myös mahdollisuus rullalta rullalle -toimintoon, joka samalla mahdollistaa tekstiilien ja erilaisten julisteiden tulostamisen. Tekstiileille tulostettaessa oikeastaan ainoana vaihtoehtona on rullalta rullalle -kelaus, jolloin kangas saadaan pysymään tasaisena koko tulostuksen ajan. Moniin tulostimiin on saatavissa lisävarusteita, joilla muun muassa rullalta rullalle -tulostimeen saadaan aputaso, jonka avulla

jäykkien ja pitkien materiaalien tulostus on mahdollista ja päinvastoin. Yleisimmin muille materiaaleille kuin kankaille tulostettaessa käytetään UV-tulostusta, tosin UV-tulostus on vartenotettava vaihtoehto myös kankaille tulostettaessa. Kankaille tulostetaan nykyään mm. julisteita, banderolleja ja mainoksia. Kankaille tulostettujen mainoksien tekeminen on yleistynyt digitaalisen tulostamisen myötä. Kankaiset julisteet kestävät paperisia pidempään ja ovat näin ympäristöystävällisempiä.

9.2 Tulostusvärit

Erilaisia tulostusvärejä erilaisille pinnoille on olemassa, kuten aikaisemmin on kerrottu. Tekstiileille tulostettaessa väreillä tulee olla kyseiselle materiaalille sopiva koostumus, jotta väri imeytyy oikeaoppisesti materiaaliin ja kestää siinä. Tekstiiliväreillä ei pysty tulostamaan koville pinnoille, kuten lasille, puulle tai muoville, sillä kyseisille materiaaleille tulostettaessa tekstiiliväreille ominainen kemiallinen reaktio ei toimi. Tulostinta hankittaessa kannattaa ottaa selville, minkä valmistajan tulostusvärejä tulostimessa voidaan käyttää ja vertailla myös värien hintoja eri valmistajien välillä. Kuten tulostimien myös tulostusvärien kohdalla etenkin pitkään markkinoilla olleiden valmistajien tuotteita kannattaa tiedustella ja vertailla.

Tekstiileille tulostettaessa tulostusvärien valinta on huomattavasti tarkempaa kuin muiden materiaalien kanssa. Pohjamateriaalin valinta antaa suuntaa siitä, minkälaisia tulostusvärejä käyttävään tulostimeen kannattaa kiinnostuksensa suunnata. Huomioon kannattaa myös ottaa tekstiiliväriin liittyvät esi- ja jälkikäsitteilyt ja niiden aiheuttamat lisäkulut ja laitteet, kuten mm. höyrytyskaappi ja kuumaprässi. Lisälaitteita myyvät mm. laitteiden ja värien valmistajat.

9.2.1 Valkoinen väri

Valkoisen värin olemassaolo antaa uusia mahdollisuuksia tulostamiselle. Ilman valkoista väriä on täysin mahdotonta saada tummapohjaisille materiaaleille tulostettua kirkkaita ja haaleita sävyjä. Valkoinen tulostusväri toimii hyvin erityisesti tummien

tulostusmateriaalien pohjustusvärinä, mutta väriä voi toki käyttää myös tummien kuvioiden efektiivärinä ja kermaisten värien saamiseksi tummille tulostuspohjille. Markkinoilla olevista tulostimista ei kovinkaan monissa ole vakiona valkoista väriä, mutta monissa uudemmissa tulostimissa se alkaa jo olla vakiona.

9.2.2 Värien määrä tulostimessa

Tulostusvärien määrä, ja käytettävä tulostusväriyppi on hyvä tietää tulostinta hankittaessa. Tulostimissa olevien värien määrä vaihtelee. Yleisesti tulostimissa on värejä neljästä kahdeksaan. Mitä suurempiin värimääriin mennään, sitä tarkempaa ja eloisampaa kuvaa ja kuosia pystytään tulostamaan. Valkoinen tulostusväri sisältyy yleensä tulostimiin, joissa on kuusi väriä tai enemmän. Tulostimissa olevien värien määrä vaikuttaa oleellisesti tulostimen hintaan ja eri värisävyjen määrään. Tällä hetkellä markkinoilla olevissa tulostimissa on yleisesti vähintään 6-8 väriä. Joillakin valmistajilla kuten Dupont:lla on 2 x 6-väritulostimia, joissa on kokonaismäärällisesti 12 tulostusväriä. Tulostimessa on kaksi tulostuskelkkaa, ja molemmissa kelkoissa on kuusi väriä. Parasta kahdessa tulostuskelkassa on, että toiseen kelkkaan voi laittaa vaikka happovärit ja toiseen pigmenttivärit, jolloin voidaan aina tulostaa materiaalin ja tarpeen edellyttämällä väreillä.

9.3 Tulostuskankaat

Tekstiilivärit vaativat tulostuskankailta melkein aina esikäsittelyä, poikkeuksena ovat UV-värit. Tulostettavalla kankaalla tai muulla pohjamateriaalilla tulee olla tarpeellinen UV-valon kesto, jotta tulostettava materiaali ei kärsi tulostuksen aikana. Kankaiden kohdalla suurin vaara on tulostettavan materiaalin kellastuminen ja mahdollinen materiaalin ominaisuuksissa tapahtuva heikentyminen.

9.4 Budjetti

Tulostinvalmistajista Stork, Mimaki ja Mutoh ovat hintansa, tulostusnopeutensa sekä suorituskykynsä puolesta hyviä vaihtoehtoja erityisesti silloin, kun tulostusnopeudella ei ole niin suurta merkitystä. Kyseisten valmistajien laitteiden hinnat liikkuvat 15 000 - 50 000 euron paikkeilla. Nopeampien, tarkempien ja suurempien sarjojen tulostukseen soveltuvien tulostimien hinnat alkavat 100 000 eurosta. Näihin tulostimiin voidaan luokitella mm. Dupond:n Artistri 2020. (UJie 2005, 73.)

Tekstiileille tulostavat digitaaliset tulostimet vaativat usein lisäksi höyrytyslaitteen tai kuumaprässin värin kiinnittämistä varten. Monilla tulostimia myyvillä jälleenmyyjillä on myynnissä myös käytettyjä digitaalisia tulostimia, yleensä vuodesta kolmeen vuoteen vanhoja, joiden hinnat ovat laskeneet reilusti uusien koneiden hinnoista. Välillä käytettyjen tulostimien joukosta saattaa löytyä oikeita helmiä. Värien hinnoissa on myös eroja ja kannattaa aina tarkastaa laitteen valmistajalta, mikä merkkisiä värejä tulostimessa voi käyttää.

10 STORK AMBER JA ZUND UVJET-215 -TULOSTIMILLA SUORITETUT TESTAUKSET JA TESTAUSTULOKSET

10.1 Stork Amber

Reaktiiväreillä toimiva Amber oli yksi Storkin ensimmäisiä tekstiileille tarkoitettuja digitaalisia tulostimia ja testauksessa käytetty Stork Amber -tulostin on esitelty tarkemmin kappaleessa 7. Testeissä tulostimella tulostettiin kahdelle eri kangasmateriaalille, joille tehtiin silmämääräinen värierojen ja tuntuominaisuuksien arviointi. Tarkasteltavien testipalojen pohjamateriaalit olivat silkkikreppi ja viskoosi.

10.1.1 Tulostuksessa käytetyt testauskankaat

Stork Amberilla tulostetut testikankaat olivat molemmat Storkilta tilattuja valmiiksi esikäsiteltyjä ja reaktiiväreille soveltuvia. Tulostettavat materiaalit olivat silkkikreppi ja viskoosi ja molemmat kankaat olivat rullalla. Stork Amber -tulostimessa esikäsitelty kangas asetettiin takarullatelineeseen, josta se kulki tulostustason ja tulostusheloen kautta eturullalle.

Molemmille testikankaille tulostettiin samat kuviot, jotta kankaiden arvioinnille olisi samat lähtökohdat. Molemmille kangasmateriaaleille tehtiin samanpituiset jälkikäsittelytoimenpiteet eli höyrytys ja kylmällä vedellä huuhtelu. Jälkikäsittelyyn kuulunut vesipesu tehtiin kyseisille kankaille eri lämpötiloissa, sillä jälkipesusta ilmeni ristiriitaista tietoa. Höyrytys tehtiin Metropolian omassa höyrytyskukkulassa. Reaktiiväreillä tulostettaessa on hyvä tietää, että heti tulostuksen jälkeen värisävyt eivät ole yhtä kirkkaita kuin jälkikäsittelyjen höyrytyksen ja pesujen jälkeen, nähdään (kuvio 20), jossa testatut materiaalit silkkikreppi ja trikoo.



KUVIO 26. Höyrytyssukkula, Metropolia

10.1.2 Testi 1: tuntuominaisuuksien testaus

Tässä testissä tarkasteltiin laitteella tulostettujen testipalojen tuntuominaisuuksia. Testi suoritettiin molemmille testikankaille jälkikäsitteilyn jälkeen ja testissä tuloksia arvioitiin asteikolla 1-5, jossa 5 = erittäin hyvä, 1 = huono. Testituloksia arvioi neljä Tekstiili- ja vaateustekniikan opiskelijaa. Taulukon 3 & 4 tulokset on saatu arviointituloksien keskiarvojen perusteella ja pyöristetty alempaan arvosanaan.

TAULUKKO 3. Tuntuominaisuuksien subjektiivisen arvioinnin tarkasteluasteikko

| Materiaali | Viskoosi | Viskoosi | Silkkikreppi | Silkkikreppi | Silkkikreppi |
|---------------|-------------------------|--|----------------------------|--|-------------------------|
| Pesulämpötila | 90°C - astetta | 60 °C - astetta | 60 °C - astetta | 40 °C - astetta | 30°C - astetta |
| Tuntu | Tuntu hyvä ja kimmoisa. | Tuntu hyvä ja kimmoisa. Palautuu venytyksestä hyvin. | Tuntu hyvä, hieman jäykkä. | Tuntu hyvä ja kimmoisa. Palautuu venytyksestä hyvin. | Tuntu hyvä ja kimmoisa. |
| arvio 1 | 3 | 4,5 | 2,5 | 4 | 4 |
| arvio 2 | 3,5 | 4 | 3 | 5 | 4,5 |
| arvio 3 | 3,5 | 4,5 | 3 | 5 | 4 |
| arvio 4 | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 |
| Yht. Tulos | 3,5 | 4,5 | 3 | 5 | 4 |

Tuntuominaisuustestin tuloksien perusteella nousivat tietyt lämpötilat molemmissa materiaaleissa huomattavasti toisia paremmiksi; viskoosille suotuisimmaksi jälkikä-

sittelylämpötilaksi 60 °C -astetta arvosanalla: 4,5 ja silkkikreppille 40 °C -asteen vesipesu arvosanalla: 5. Molemmissa materiaaleissa ilmeni jäykkyyttä ja kimmoisuuden katoamista muissa lämpötiloissa.

10.1.3 Testi 2: värieron visuaalinen testaus

Stork Amber -mustesuihkutulostimella tulostettuja testauspaloja tarkasteltiin myös värien osalta. Testipaloille tehtiin värierojen visuaalinen tarkastelu käyttäen laboratorioissa olevaa valokaappia. Testi suoritettiin sillä hetkellä laboratorioissa vallitsevissa oloissa. Testauspalojen tulokset arvioitiin asteikolla 1-5 (1 = huonoin ja 5 = paras mahdollinen).

TAULUKKO 4. Värierojen visuaalinen tarkasteluasteikko

| Materiaali | Viskoosi | Viskoosi | Silkkikreppi | Silkkikreppi | Silkkikreppi |
|---------------|--|--|------------------------------|------------------------|---|
| Pesulämpötila | 90 °C -astetta | 60 °C -astetta | 60 °C -astetta | 40 °C -astetta | 30 °C -astetta |
| Värierot | Sävy kirkas ja värit toistuu selkeästi | Sävy kirkas ja värit toistuu selkeästi | Sävy melko kirkas ja selkeä. | Sävy kirkas ja selkeä. | Sävy utuinen, erityisesti mustasävy oli kuluneen oloinen. Havaittavissa värin leviämistä. |
| arvio 1 | 4 | 5 | 3 | 4,5 | 3,5 |
| arvio 2 | 4 | 4,5 | 2,5 | 4,5 | 3,5 |
| arvio 3 | 4,5 | 4,5 | 3 | 4,5 | 4 |
| arvio 4 | 4 | 5 | 3 | 4,5 | 3 |
| Yht.Tulos | 4 | 4,5 | 3 | 4,5 | 3,5 |

Värierojen silmämääräisen tarkastelun tuloksena erottuivat molempien testikankaiden osalta selkeästi seuraavat tulokset. Viskoosin värierojen osalta 90 °C -asteessa pestyjen testikankaiden värisävyt olivat suhteellisen kirkkaat, mutta ero 60 celsiusasteen pesuun oli kuitenkin nähtävissä. 60 °C -asteen pesussa värisävyjen kirkkaus oli parempi ja selkeämpi. Silkkikreppille tehtyjen pesutestien tuloksien perusteella 60

°C -asteen lämpötilassa pestyjen testipalojen värien kirkkaus kärsi. Tulokseen saattoi vaikuttaa pohjamateriaalin heikentyminen kyseisessä lämpötilassa. Silkkikreppin jälkikäsitellyssä 30 asteen vesipesu vaikutti väreihin eniten ja oli huonoin testaustulos. Erityisesti tummien värien haalistuminen oli huomattavaa ja tarkoissa kohdissa oli havaittavissa myös värin leviämistä. 40 °C -asteen pesu silkkikreppille antoi parhaan tuloksen, sävyt olivat pesun jälkeen kirkkaita ja selkeitä.

Värierojen silmämääräisen tarkastelun tulokset: viskoosin värit olivat parhaat, kun viskoosi pestiin jälkikäsitellyssä 60 °C -asteessa. Sävyt olivat kirkkaat ja toistuivat selkeinä, värin kiinnittyminen oli kunnollista eikä värin leviämistä havaittu. Arvosanalla: 4,5.

Silkkikreppille värien kirkkauden kannalta parhaaseen tulokseen päästiin kun jälkikäsitellyssä silkkikreppi pestiin 40 °C -asteessa. Väri kiinnittyi kunnolla tässä lämpötilassa, eikä värin leviämistä ollut havaittavissa. Arvosanalla: 4,5.

10.2 Zünd UVjet 215

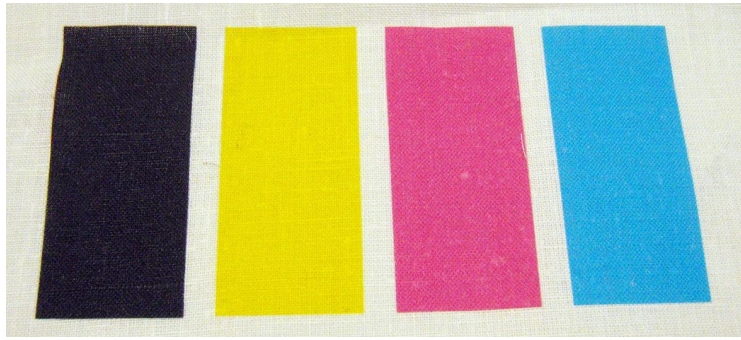
Zünd UVjet 215 on UV-väreillä tulostava tulostin. ZÜND UVjet 215 - mustesuihkutulostin soveltuu toiminnaltaan ja ominaisuuksiltaan erinomaisesti tekstiileille tulostettavaksi. Kyseisessä laitteessa oli UV-värit, jotka soveltuvat parhaiten tulostettaessa tiheille materiaaleille, kuten lasille, puulle ja metallille. Testin tarkoitus oli selvittää kyseisen tulostimen soveltuminen tekstiileille tulostamiseen.

10.2.1 Tulostuksessa käytetyt testauskankaat

Testattaviksi materiaaleiksi valittiin sekä luonnonkuituja että synteettisiä kuituja sisältäviä kankaita. Kangasmateriaaleja valittiin yhteensä viisi, jotka olivat puuvilla

100%, pellava 100%, polyesteri 100%, polyesterisatiini 100% ja materiaali joka sisälsi polyamidia 65%, viskoosia 33%, elastaania 2%. Kyseiset materiaalit valittiin siksi, että niiden osuus tekstiiliteollisuudessa on suuri.

Valituille materiaaleille tehtiin digitaaliselle tulostukselle tyypillinen valokuvatulostusta tarkkuudeltaan vastaava tulostus, ja testien avulla haluttiin selvitys tulostustarkkuuden lisäksi myös värien pysyvyydestä ja hankauksen kestosta. Hankaus- ja pesutestejä varten tulostettiin jokaiselle kankaalle CMYK -värien mukaiset väriliuskat, joihin testaukset tehtiin.



KUVIO 27. CMYK -värien mukaiset väriliuskat tulostettuna testikankaaseen (kuvassa pohjakankaana pellava).

10.2.2 Testikankaille suoritettut testit

Kaikille viidelle testikankaalle tehtiin sekä pesu- että hankaustestit. Valokuva-aiheiden ja pohjamateriaalin vaikutus tulostustarkkuuteen arvioitiin silmämääräisen tarkastelun avulla.

Sekä pesu- että hankaustesteissä tulee ottaa huomioon UV-tulostuksessa käytettävien värien käyttökohteet, joita ovat ei-huokoiset materiaalit kuten puu, lasi ja vastaavat. Testitulokset saattaisivat olla huomattavan erilaiset, mikäli käytetyt UV-värit olisivat olleet tekstiileille tarkoitettuja.

10.2.3 Pesunkesto

Pesutestin testipalat tulostettiin CMYK -värien mukaisilla neljällä päävärillä. Kyseiset väriliuskat tulostettiin kaikille viidelle testikankaalle. Pesutesti suoritettiin SFS-EN 20105 -C05 -standardin mukaisesti. Testi suoritettiin Gyrowash-pesukoneella. Testattavat materiaalit leikattiin irti kankaasta standardin (40 mm x 100 mm) kokoisina testipaloina. Testattavat neljä väriä olivat valmiiksi tulostettu testattaville viidelle kankaalle oikean kokoisiksi värialueiksi, joista ne leikattiin irti testiä varten. Samankokoisiksi paloiksi leikattiin vertailupaloiksi tarkoitettut polyamidi- ja puuvillapalat.

Standardisaippualliuos tehtiin standardin mukaan saippuajauheesta saippuapitoisuuden ollessa 5g saippuaa / l vettä. Saippualliuos lämmitettiin lämpötilaan 50 °C (+/- 2°C). Tämän jälkeen jokaiseen testattavaan väriin kiinnitettiin yksi kutakin vertailumateriaalia, minkä jälkeen testipalat punnittiin yksi kerrallaan. Oikean pesuliuosmäärän saavuttamiseksi pesuainetta tulee olla testipalojen painoa kohden 50 kertainen määrä. Pesuastiaan tulee testipalojen ja pesuliuksen lisäksi 10 kappaletta teräksisiä pesukuulia, joiden tarkoitus on lisätä testin mekaanista kulutusta.

Kaikki neljä testiväriä, jokaisesta viidestä testimateriaalista pestiin 40 asteen lämpötilassa 30 minuutin ajan. Pesun jälkeen näytteet otettiin pois koneesta ja huuhdeltiin huolellisesti kylmässä vedessä. Näytteet tulee kuivattaa korkeintaan 60 -asteen lämpötilassa niin, etteivät testattava kangas ja vertailukankaat ole kosketuksissa toisiinsa. Näytteiden mahdolliset värinmuutokset ja tahriutumisen arvioitiin harmaa-valkea -asteikoiden avulla valokaapissa. (SFS-käsikirja 27- 3 2001, 139-140.)



KUVIO 28, Gyrowash pesukone



KUVIO 29. Valokaappi ja harmaa-valkea-asteikkoliuskat

10.2.4 Pesunkestotestien tulokset ja niiden tarkastelua

Pesunkestotestissä testattuja testipaloja tarkasteltiin valokaapissa harmaa-valkea-asteikon avulla silmämääräisesti. Värin pesunkeston lisäksi testissä tarkastellaan mahdollista värin irtoamista vertailupaloihin, jotka olivat polyamidi 100 % ja puuvilla 100%. Testituloksen arvioijina toimi kaksi tekstiili- ja vaatetustekniikan opiskelijaa. Testattavat palat arvioitiin asteikolla 1-5 (1 = huono ja 5 = erinomainen).

Pesunkestotestissä tulokset kaikilla pohjamateriaaleilla neljän eri testiväriin kohdalla olivat hyviä, välillä 4-5. Verrattaessa silmämääräisesti ennen pesua oleviin värisävyihin eniten värimuutosta oli havaittavissa mustassa (K) värissä. Pohjamateriaalina puuvilla 100 % ja polyesteri 100 % saivat huonoimmat arvosanat, keskiarvolla 4 kaikista väreistä. Puuvillan pinnasta pystyi erottamaan pieniä pistemäisiä alueita, joista väri oli huomattavasti haalistunut. Polyesterissä väri oli haalistunut tasaisesti, ja haalistumista oli havaittavissa kaikissa neljässä värissä. Parhaat tulokset saavutettiin satiinipolyesterillä kaikkien värien keskiarvon ollessa 5. Vertailupaloista polyamidissa ja puuvillassa ei ollut havaittavissa värin kiinnittymistä tai värisävyjen eroja.

Tulos: pesunkestotestissä kaikkien viiden pohjamateriaalin keskiarvoksi saatiin 4,5. Testituloksien perusteella parhaan tuloksen sai satiinipolyesteri 100 %, joka sai kaikilla neljällä värillä arvosanan 5. Pesutestin tarkemmat yksittäistä väriä kohden olevat testitulokset ja yhteenvedot tuloksista löytyvät liitteestä 1.

TAULUKKO 5. Yhteenvedossa nähdään neljän eri värin pesunkestossa saadut testitulokset.

| Pesunkesto: C,M,Y,K värien yhdistetty testitulos | Värien pesunkesto | Vertailu, polyamidi 100% | Vertailu, puuvilla 100% |
|---|-------------------|--------------------------|-------------------------|
| Puuvilla 100% | 4 | 5 | 5 |
| Pellava 100% | 4,5 | 5 | 5 |
| Polyesteri 100% | 4 | 5 | 5 |
| Satiinipolyesteri 100% | 5 | 5 | 5 |
| Polyamidi 65%, viskoosi 33%, elastaani 2% | 4,5 | 5 | 5 |

10.2.5 Hankaustesti

Hankaustesti tehtiin kaikille viidelle testikangaspohjalle tulostetuille värinäytteille standardin SFS-EN ISO 105-X02 mukaisesti. Hankaustestissä hangattavat väripalat olivat kooltaan (50 mm x140 mm), märälle ja kuivalle hankaukselle oli omat väripalat. Hankauskankaiden koko oli (50 mmx 50 mm), märälle ja kuivalle oli omat palansa kutakin testattavaa väriä kohden.

Testissä näytteitä hangattiin erikseen kuivalla ja märällä hankauskankaalla (puuvilla). Hankaustappeja on olemassa kahta eri kokoa: isompi tappi paksumpia huonekalukankaita varten ja pienempi kevyemmille tekstiileille. Kyseisessä hankaustestissä käytettiin pienempää 16 mm halkaisijaltaan olevaa sylinterin muotoista tappia. Hankauskangas kiinnitetään hankaustappiin ennen jokaisen testin aloittamista. Testin aikana sylinteri liikkuu 10 kertaa edestakaisen suoraviivaisen 100 mm matkan. Kulkiessaan sylinteri aiheuttaa 9N suuruisen alaspäin suuntautuvan voiman.

Testin eteni seuraavasti: jokainen testipala kiinnitettiin yksi kerrallaan testauslaitteen pohjalevyyn läpinäkyvään muoviin kiinnitetyn piikkilevyn avulla. Hankauskangas kiinnitettiin hankaustappiin ennen jokaisen testin aloittamista ja vaihdettiin seuraavaa testiä varten uuteen. Testit suoritettiin testikankaan loimen suuntaisesti. Hankauskankaiden tahriutuminen arvioitiin harmaa-asteikkoa apuna käyttäen. (SFS- käsikirja 27-3 2001, 286- 287.)



KUVIO 30. Crockmeter -hankauslaite

Hankaustestin testipalat eivät altistuneet UV-valolle tulostuksen ja testien välillä, jolloin hankaus- ja pesutestien tulokset vastasivat heti tulostuksen jälkeen olevaa hankauksenkestoa. Testikankaisiin kohdistunut UV-valo tuli siis ainoastaan tulostuksen aikana.

Kaikki testit tehtiin Lahden ammattikorkeakoulun tekstiililaboratoriossa. Testituloksien tarkastelussa tulokset suoritettiin kahden arvioijan avulla, jotta erot silmämääräisessä tarkastelussa saatiin minimoitua.

Hankaustestin tulokset ja tulosten tarkastelua:

Hankaustestin värinkestoa tarkasteltiin harmaa-valkea-asteikon avulla silmämääräisesti. Testien arviointi suoritettiin aikaisempien testien mukaisesti. Testattavat palat arvioitiin asteikolla 1-5 (1= huono ja 5 = erinomainen).

Hankaustestissä kaikilla viidellä testimateriaalilla havaittiin kuivalla hankauskankaalla hangattaessa selkeästi huonompi testitulos kuin märällä hankauskankaalla hangattaessa. Verrattaessa eri testikankaiden testituloksia sai polyesterisatiini 100% testatuista kankaista ylivoimaisesti parhaat arvot sekä kuivalla hankaus-

palalla hangattaessa (keskiarvolla 3,5), että määrällä hankauspalalla hangattaessa (keskiarvolla 4). Huonoimmin hankaustestistä suoriutui puuvilla kuivahankaustuloksen keskiarvolla 1 ja määrällä hangatessa keskiarvolla 2. Pellava 100 % ei selviytynyt testistä myöskään kovin hyvin arvosanoin (taulukko 6).

TAULUKKO 6. Hankaustestin värinkestotulokset (kuiva, märkä) kaikilta neljältä väriltä (C, M, Y, K)

| Hankaustestin värinkesto: keskiarvo | C, Y, M, K värit kuivahankaus | C, M, Y, K värit märkähankaus |
|---|-------------------------------|-------------------------------|
| Puuvilla 100% | 1 | 2 |
| Polyesteri 100% | 2,5 | 3 |
| Pellava 100% | 1,5 | 3 |
| Polyesterisatiini 100% | 3,5 | 4 |
| Polyamidi 65%, viskoosi 33%, elastaani 2% | 2 | 3 |

Testissä käytetyistä testimateriaaleista parhaan testituloksen saaneen polyesterisatiinin etuna oli satiinikankaille ominainen kiiltävä ja tiheä pinta, joka ei päästä niin herkästi tulostusväriä imeytymään kankaaseen. Tämän takia polyesterisatiini kuivui muita testikankaita nopeammin ja kesti näin paremmin hankaustestissä. Puuvillan ja pellavan ominaisuus imeä itseensä kosteutta saattoivat taas aiheuttaa kyseisille kankaille testissä huonot tulokset. Tällöin kankaan sisään päässyt tai imeytynyt UV-väri ei ehdi kuivumaan täysin tulostuksen aikana tulostuskelkasta tulleen UV-valon avulla.

Testituloksien perusteella voidaan sanoa että UV-väreillä tekstiileille suoraan tulostettaessa kankaita tulee pitää UV-valolle altistettuna pitkään, jotta väri kuivuu ja kiinnittää värin kunnolla kankaaseen. Toisena vaihtoehtona on kankaille tehtävä käsittely, joka estää värin imeytymisen liiaksi kankaaseen. Testeissä käytettävän ajan ja materiaalien puutteen takia ei tässä työssä ehditty tekemään lisätestejä kyseisille testikankaille. Hankaustestin yksityiskohtaisemmat testitulokset ja niiden yhteenveto löytyvät liitteestä 2.

10.2.6 Tulostusjäljen vertailu eri pohjamateriaaleissa

Tulostusjälkeen vaikuttaa myös huomattavasti tulostettava pohjamateriaali, sen nukkaisuus, kiilto ja himmeys. Tässä testissä pyrittiin selvittämään täysin saman kuvasarjan tulostuksen avulla eroavaisuudet viidessä eri pohjamateriaalissa. Kyseiset materiaalit olivat samat kuin edellä eli: 1) puuvilla 100 % 2) pellava 100 % 3) polyesteri 100 % 4) satiinipolyesteri 100 % ja 5) sekoite: polyamidi 65 %, viskoosi 33 %, elastaani 2 %. Kuviossa 31 nähdään kuvasarja, joka sisältää neljä valokuvaa (mustavalkoinen, tarkka lähikuva, maisema ja tummempi kaupunkikuva). Valokuvien lisäksi kuvassa käytettiin kahdessa kohtaa suunniteltua kuosia, erittäin hento- viivaista "perhosaihetta". Kuvasarjan alareunassa nähdään myös erikokoista tekstiä.

Eri pohjamateriaaleille tulostetuissa kuvasarjoissa oli havaittavissa joitakin eroja. Polyesterissä ja sekoitteessa kuvat olivat utuisempia ja väri levittynyt pehmeämmin kuin muille materiaaleille. Puuvillassa ja satiinipolyesterissa tummempien sävyjen toisto oli paras, ja erityisesti satiinipolyesterille ominainen helmiäispinta toi kuviin kaunista loistoa. Satiinipolyesterissa näteimmin tuli esiin "omenan kukka" kuvan eri vivahteet. Pellava oli muihin verrattuna aivan omanlaisensa, suurimman yllätyksen tuottivat ohuen ohuet viivat, joita esiintyi kuvien välillä olevassa kuovissa. Pellavalle ominaisesta pinnasta huolimatta pienet ohuet viivat olivat tarkkoja ja selkeitä. Kaikissa viidessä pohjamateriaalissa tekstiosuus kuvan alareunassa toistui moitteettomasti. Selkeärajaisin lopputulos oli satiinipolyesterillä, minkä jälkeen tulivat puuvilla, pellava, polyesteri ja sekoite.

Tulostetun kuvion tai kuvan tunnelmaan vaikuttaa suuresti tulostettava pohjamateriaali. Suurimmat erot olivat erittäin tummien sävyjen eroissa ja vaaleiden sävyjen toistossa.



Tämä testi on tehty käyttäen Arial regular fonttia ja kokoa 10. Numerot 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10. Tämä teksti on tehty käyttäen Arial regular fonttia, koko 12 pt. Numerot 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10.

Tämä testi on tehty käyttäen Arial regular fonttia ja fontin koko 14. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10. Tämä testi on tehty Arial regular fontilla, koko 30pt. Numerot 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10. Tämä testi on tehty Arial regular fonttia käyttäen, koko 36pt. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10.

KUVIO 31. Pohjamateriaaleille tulostettu kuvasarja

Valokuvia tulostettaessa värien peittävyys on kuvilla 100 %, jolloin tulostettavan kuvan kohdassa tuntu on eri erityisesti UV-väreillä tulostaessa tuntu on eri kuin tulostumattomissa kodissa. Suuremmin tunnussa oli eroa satiinipolyesterissa, jossa tuntu muuttui aika kovaksi, eikä satiinipolyesterille ominaista taipuisuutta ollut. Polyesteri 100 % ja sekoitepohjamateriaalin tuntu muuttuivat tulostetun kuvan kohdalta vähiten.

11 YHTEENVETO

Digitaalinen mustesuihkutulostus on kehittynyt viimeisten vuosien aikana hurjasti ja herättänyt tekstiiliteollisuudessa suurta mielenkiintoa. Digitaalinen tulostus on osoittanut, mitä kaikkea kankaille ja muillekin materiaaleille on mahdollista tulos-
taa. Kehitys jatkuu edelleen kovaa vauhtia.

Opinnäytetyössä käsiteltiin eri menetelmiä ja tulostustekniikoita sekä kartoitettiin myös markkinoilla olevia tulostimien ja tulostusvärien valmistajia Lahden ammatti-
korkeakoululle hankittavaa digitaalista tulostinta silmällä pitäen. Työssä pyrittiin antamaan hyvä yleiskuva siitä, miten digitaaliset tulostimet toimivat ja millaisia vaihtoehtoja markkinoilla on tällä hetkellä tarjolla. Digitaalisen tulostimen hankin-
taa ajatellen on syytä tietää, mitä tulostimelta halutaan ja millaiseen käyttöön se tulee. Pitkään markkinoilla olleisiin valmistajiin, kuten Stork ja Mimaki, kannattaa luottaa. Monilla digitaalisten tulostimien valmistajilla on jälleenmyyjiä myös Suo-
messa, joiden kautta huolto, lisälaitehankinnat ja muut asiat hoituvat helposti.

Testausosioissa testattiin tulostamista reaktioväreillä tekstiileille Stork Amber -
mustesuihkutulostimella. Reaktioväritulostus on tällä hetkellä pigmenttiväreillä tu-
lostamisen jälkeen yksi yleisimmistä tekstiilitulostusväreistä. Testeissä pystyi hyvin havainnollistamaan koko prosessin tulostuksesta suunnitteluun ja aina jälkikäsitte-
lyyn saakka. Jälkikäsitteily tuntui erityisen työläältä helpon ja vaivattoman tulostuk-
sen jälkeen. Testissä jälkikäsitteily tehtiin erillisillä laitteilla (höyrykaappi ja pesu),
kuten normaalistikin on tapana. Jotta lopullinen tulostusjälki jälkikäsitteilyn jälkeen saataisiin tasaiseksi ja vastaamaan teollisuuden vaatimaa tasaista lopputulosta, tulisi tulostus ja jälkikäsitteily olla integroituna tulostimeen. Kyseisenlaisia tulostimia on markkinoilla tällä hetkellä vain muutama, ja hintaluokka on korkea verrattaessa esimerkiksi Stork Amber ja Zünd UVjet 215 -laitteiden hintoihin.

Testausosiossa tutkittiin myös UV-tulostuksen mahdollisuuksia tekstiileille tulos-
tettaessa. Luetuissa kirjoissa oli UV-tulostuksesta tekstiileille hieman ristiriitaista

tietoa. Sitä miten UV-värit soveltuvat tekstiileille, ei ollut selkeästi todettu missään. Testien tarkoituksena oli saada selvyyttä UV-tulostuksesta ja UV-värien soveltuvuudesta tekstiileille. Tehtyjen testien (tulostusjäljen tarkastelu, pesun- ja hankauksenkesto) perusteella selvisi seuraavia asioita. Tulostusjäljessä ei ollut moittimista, sävyt toistuivat hyvin, eikä väri tulostuksessa eikä tulostuksen jälkeen levinnyt. Tulostuksesta jäävä haju oli yllättävän voimakas, eikä se lähtenyt pois muutamankaan viikon aikana. UV-tulostusväreissä on ominainen haju, jonka kuuluu haihtua kun väri kuivuu. Kyseisiin testipaloihin ei rajoitetun ajan ja käytettävän materiaalin takia suoritettu testejä värin kuivumisajalle. Tehtyjen hankaustestien tulokset olivat kehnot, eivätkä testipalat pärjänneet testissä kehuttavasti. Pesunkestotesti yllätti ja tulokset olivat hyviä kaikilla pohjamateriaaleilla. UV-tulostusta tekstiileille en suosittele ainakaan tällä hetkellä markkinoilla olevilla digitaalisilla tulostimilla tekstiileihin jäävän hajun ja ikävän kovan tunnun takia. Parhaiten ne soveltuvat puulle, metallille ja lasille tulostamiseen sekä lippumateriaaleille, joissa tekstiilimateriaali on käsitelty ja pinnoitettu värin imeytymisen estämiseksi. Tekstiileille tulostettaessa Lahden ammattikorkeakoululle sopivia tulostusmuotoja olisivat pigmentti- ja reaktiiviväritulostus.

Testien osalta aika loppui kesken ja paljon mielenkiintoisia testejä olisi voinut vielä tehdä. Erityisesti pigmenttivärien tulostus tekstiileille miellytti ajatuksena, koska esikäsittelyä ei tarvitse tehdä. Pigmenttivärien soveltuvuuden testaaminen eri materiaaleille olisi kiinnostavaa ja kiinnostavaa olisi myös tutkia pigmenttivärin pesun- ja hankauksenkestoja sekä vertailla niitä muihin markkinoilla oleviin tulostusväriin. UV-tulostusta en unohtaisi aivan kokonaan, sillä olisi kiinnostavaa tutkia, miten UV-valolle altistuminen poistaa voimakasta tuoksua tekstiileistä ja kuinka paljon hankauksenkestoja pystyttäisiin parantamaan lisäämällä tulostetun kankaan altistusta UV-valolle.

12 LÄHTEET

Campbell J.R., 2008, kappale 11, Digital printing of textiles for improved apparel production, Fairhurst Catherine, Advances in appeal production, No 69. Cambridge: Woodhead.

Digital textile, 2009, Digital Ink-jet textile/ Fabric Printer Belt System now 140 sq/meter per hour printing. [viitattu 30.12.2008] Saatavissa: <http://www.digitaltextile.com/equipment.htm>.

Dupond, 2009, Dupond artistri -brilliant textile inks, [viitattu 20.3.2009] Saatavissa: http://www2.dupont.com/Artistri/en_US/index.html.

Fogg, M. 2006, Print in fashion. Lontoo: Batsford.

Forss, M. 2000, Värimenetelmät: värjäys, maalaus, kankaanpainanta. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu.

Helminen Tommi, 2005, Polyesterikankaiden painaminen digitaalisesti mustesuihkumenetelmällä, diplomityö. Tampere: TTY.

Just-style, 2009, Digital textile printing on growth trajectory [viitattu 30.12.2008] Saatavissa: <http://www.just-style.com/article>.

Lawn. R. International dyer, 2002 maaliskuu, The Technology that cannot be ignored, s.40 - 43. [20.2.2009].

Lehtonen Tapio (toim.), 1998, Digitaalinen painaminen, Helsinki: Opetushallinto.

Leslie W C Miles, 1994; 2003, Digital printing second edition, society of Dyers and Colourists. Cambridge: Woodhead.

Mimaki engineering Co, LTD, 2009, Featuring of textile print [viitattu 10.3.2009] Saatavissa: <http://www.mimaki.co.jp/english/tx/system>.

Niinimäki Kirsi ja Saloniemi Marjo-Riitta 2008, Kretongista printtiin. Helsinki: Maahenki oy.

Sesoma-Sericomex Group, 2007, Seconhand machines market [viitattu 26.3.2009] Saatavissa: <http://www.segroup.lu/secondhand.html>.

SFS- käsikirja 27-3. 2001, Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Simmons, R, 2002, Dictionary of printmaking terms. Lontoo: A &C Black.

Springare Marko, tuotepäällikkö, Sesoma Oy, haastattelu [puhelimitse 24.3.2009].

Tiainen, J. 1996, JOT - tie tulevaisuuteen ja menestykseen. Kuhmo: Kuhmon kirjapaino Oy.

Tiitinen, T. Digitaalinen tekstiilitulostus. Luento Metropolia 17.10.2008.

Toro, M. 1999, DTP ja painotyö - käytännönopas painotuotteiden tekijöille ja tilaajille. Helsinki: Inforviestintä.

Total Print Expo, 2009, Digital Print Expo 2009, London. (viitattu 29.3.2009]
Saatavissa: <http://www.totalprintexpo.com/page.cfm/Link=74/t=m>.

Tyler, J. David, 2005, Textile Progress - Textile Digital Printing technologies, vol37, No4. Cambridge: Woodhead.

Ujiie, U. 2006, Digital printing of textiles,. Cambridge: Woodhead.

13 LIITTEET

Liite 1. Zünd UVjet 215 pesutestien tulokset ja tuloksien yhteenveto

Liite 2. Zünd UVjet 215 hankaustestien tulokset ja tuloksien yhteenveto

Liite 1. Zünd UVjet 215 pesutestien tulokset ja tuloksien yhteenveto

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|-----------|--------------------|------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|-----------------|
| Diditaalinen tulostin: Zünd UVjet-215 | Arvio | | väri C (turkooosi) | Poly-amidi, 100% | Puu-villa, 100% | väri M (aniliiniin punainen) | Poly-amidi 100% | Puu-villa, 100% | väri Y (keltainen) | Poly-amidi, 100% | Puu-villa, 100% | väri K (musta) | Poly-amidi, 100% | Puu-villa, 100% |
| testikangas: | | | | | | | | | | | | | | |
| Puuvilla 100% | oma | | 4,5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 3,5 | 5 | 5 |
| | ulkopuolinen | | 5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| Pellava 100% | oma | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 |
| | ulkopuolinen | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 |
| Polyesteri 100% | oma | | 4 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| | ulkopuolinen | | 4 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| Satiini (polyesteri 100%) | | | | | | | | | | | | | | |
| | oma | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | n | | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Polyamidi 65%, Viskoosi 33% ja elastaani 2% | oma | | 4,5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 |
| | ulkopuolinen | | 4,5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| Testituloksien yhteenveto | Väri C | Polyamidi | Puuvilla | Väri M | Polyamidi | Puuvilla | Väri Y | Polyamidi | Puuvilla | Väri K | Polyamidi | Puuvilla | Polyamidi | Puuvilla |
| Puuvilla 100% | 4,5±0,5 | 5 | 5 | 4,5±0,5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 3,5±0,5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Pellava 100% | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Polyesteri 100% | 4 | 5 | 5 | 4,5 | 5 | 5 | 4,5±0,5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Satiinipolyesteri 100% | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Polyamidi 65%, viskoosi 33%, elastaani 2% | 4,5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,5±0,5 | 5 | 5 | 4,5±0,5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Liite 2. Zünd UVjet 215 hankaustestien tulokset ja tulosksien yhteenveto

| Diditaallinen tulostin: Zünd UVjet-215 | Arvio | väri C (turkooosi) | | väri M (aniliinin punainen) | | väri Y (keltainen) | | väri Y (keltainen) | | väri K (musta) | |
|---|-------|-----------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-------------------|-------|
| | | Märkä | Kuiva | Märkä | Kuiva | Märkä | Kuiva | Märkä | Kuiva | Märkä | Kuiva |
| testikangas: | | | | | | | | | | | |
| Puuvilla 100% | oma | 3 | 1,5 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| | muu | 2,5 | 1 | 2,5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Polyesteri 100% | oma | 2 | 3,5 | 2 | 2 | 3,5 | 4 | 3,5 | 4 | 3,5 | 3,5 |
| | muu | 1 | 3,5 | 2 | 1 | 4 | 3,5 | 3,5 | 4 | 3,5 | 3 |
| Pellava 100% | oma | 2 | 1 | 3 | 1 | 3,5 | 2 | 3,5 | 4 | 4 | 1 |
| | muu | 1,5 | 2 | 2,5 | 1,5 | 3 | 2,5 | 2,5 | 4 | 4 | 1 |
| Satiini (polyesteri 100%) | oma | 4 | 4,5 | 4,5 | 3 | 4,5 | 3 | 4,5 | 3 | 4,5 | 3 |
| | muu | 4 | 4,5 | 4,5 | 3 | 4,5 | 3 | 4,5 | 3,5 | 4,5 | 3,5 |
| Polyamidi 65%, viskoosi 33% ja elastaani 2% | | | | | | | | | | | |
| | oma | 3 | 2 | 2,5 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4,5 | 1,5 |
| | muu | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1,5 |

| testituloksien yhteenveto | Väri C, märkä | | Väri C, kuiva | | Väri M, märkä | | Väri M, kuiva | | Väri Y, märkä | | Väri Y, kuiva | | Väri K, märkä | | Väri K, kuiva | |
|--|---------------|-------|---------------|---------|---------------|-----------|---------------|---------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|---------|---------------|-------|
| | 2,5±0,5 | 1±0,5 | 1,5±0,5 | 3,5 | 2±0,5 | 2 1,5±0,5 | 1,5±0,5 | 1 | 3,5±0,5 | 3±0,5 | 2 2,5±0,5 | 2±0,5 | 2,5±0,5 | 3,5±0,5 | 3±0,5 | 1 |
| Puuvilla 100% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Polyesteri 100% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pellava 100% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Satiini (polyesteri 100%) | | 4 | | 4,5 | | 4,5 | | 3 | | 4,5 | | 3±0,5 | | 4,5 | | 3±0,5 |
| Polyamidi 65%, viskoosi 33% ja elastaani 2% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Yhteenveto värien tahriutuminen kuivaan ja märkään hankauskan-kaaseen (puuvilla 100%) | 2,5±0,5 | | 2 | 2,5±0,5 | | 2,5±0,5 | | 2,5±0,5 | 4 | | 2 | 4±0,5 | | 4±0,5 | | 1,5 |
| | 3±0,5 | | 2,5±0,5 | | 3,5±0,5 | | 2,5±0,5 | | 4±0,5 | | 2,5±0,5 | | 4±0,5 | | 2±0,5 | |

