

Digitaalinen kankaanpaino

Kuvasta vaatteeksi

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Materiaalitekniikka
Tekstiili- ja vaate-tekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Hanna Kaitila

Lahden ammattikorkeakoulu
Materiaalitekniikan koulutusohjelma

KAITILA, HANNA:

Digitaalinen kankaanpaino
Kuvasta vaatteeksi

Tekstiili- ja vaatetustekniikan opinnäytetyö, 31 sivua, 2 liitesivua

Kevät 2018

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä käsitellään digitaalista kankaanpainoa ja siihen tarvittavaa painokuvan valmistusta. Työssä käsitellään erityisesti kuvankäsittelyohjelmien hyödyntämistä painokuvan ja kaavojen yhdistämisessä sekä sitä, miten tekniikkaa voidaan tulevaisuudessa hyödyntää.

Työssä esitellään digitaalisen kankaanpainon yleisimmät tekniikat, niiden erot, sekä tulevaisuudennäkymät. Työ sisältää dokumentoinnin painoaineiston valmistuksesta eri ohjelmistoja käyttäen sekä lopputuotteena valmistetun printin ja siitä valmistetun paidan. Painoaineisto ja painotuote on valmistettu opiskelijavaihdon yhteydessä yhteistyökoulussa, Mariborin yliopistossa.

Asiasanat: digitaalinen kankaanpaino, kankaanpaino, kuvankäsittely, painoaineisto

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Materials Technology

KAITILA, HANNA:

Digital printing on textiles
From picture to garment

Bachelor's Thesis in Textile and Clothing Technology, 31 pages, 2 pages
of appendices

Spring 2018

ABSTRACT

The objective of this thesis was to design and produce a clothing product with digital print, placed over a seam. The aim was to study different methods for designing and transferring a printable picture for digital printer. Matters to consider were also picture types and coloring on different materials.

This thesis also with the main principles of digital inkjet printing on fabrics.

The majority of the work was done in the University of Maribor, a Slovenian cooperation school of Lahti University of Applied Sciences. The work consisted of designing and grading a women's shirt, designing the printed picture, developing printable data and study consequences of post-treating the print.

Key words: digital printing, fabric printing, image processing, preprint image preparation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	DIGITAALINEN PAINOTEKNIikka	3
2.1	Digitaalisen painotekniikan perusteet	3
2.2	Mustesuihkutulostimen toimintaperiaate	3
2.2.1	Kuplamustesuihku	4
2.2.2	Pietsomustesuihku	4
2.2.3	Venttiilimustesuihku	5
2.2.4	Jatkuvatoiminen mustesuihku	6
2.3	Väriaineet	6
2.4	Painokangas	6
2.5	Mustesuihkutulostus verrattuna perinteisiin painomenetelmiin	7
3	OPTITEX OHJELMISTOKOKONAISUUS	10
3.1	Opritex PDS	10
3.2	Optitex Marker	11
3.3	Optitex Modulate	11
4	KUVANKÄSITTELYN PERUSTEET	13
4.1	Väritilat	13
4.1.1	RGB	13
4.1.2	CMYK	13
4.2	Objektien hallintamuodot	15
4.2.1	Bittikarttagrafiikka	15
4.2.2	Vektorigrafiikka	15
4.3	ICC-profiilit	15
5	PUSERON SUUNNITTELU JA KAAVOITUS	19
5.1	Puseron kaavat	19
6	PAINOMATERIAALIN VALMISTUS	20
6.1	Kuvankäsittely	22
6.2	Kuvan siirto tulostimelle	22
7	VALMIS TULOSTE	23
8	VALMIS TUOTE	25

9	YHTEENVETO	27
	LÄHTEET	30
	LIITTEET	32

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään digitaalista kankaanpainoa tekniikkana sekä sen hyödyntämistä tekstiiliteollisuudessa. Työn päätavoitteena on ymmärtää digitaalisen aineiston valmistusta ja kuvankäsittelytekniikoiden hyödyntämistä kuvan suunnittelussa. Työssä on yhdistetty kaavoitus ja painokuva uudella tavalla, jossa pystytään hyödyntämään digitaalista kankaanpainoa entistä monipuolisemmin vaatteen valmistusprosessissa. Työn digitaalisesti tulostettu aineisto on valmistettu ja tulostettu Mariborin yliopistossa vuonna 2007 Erasmus opiskelijavaihdon aikana. Tulostettu kangas on leikattu ja ommeltu valmiiksi tuotteeksi Suomessa.

Työn kirjallinen osuus käsittelee digitaalisen kankaanpainotekniikan toimintaperiaatetta ja siinä käytettävän kuvamateriaalin valmistamista. Tutkimusosuudessa on dokumentoitu digitaalisesti painetun tuotteen valmistusprosessi Optitex ohjelmistokokonaisuudella sekä digitaalisen painoaineiston valmistaminen. Työssä pohditaan myös digitaalisen painotekniikan käyttömahdollisuutta piensarjatuotannossa sekä sen hyödyntämistä uniikeissa tuotteissa.

Digitaalinen tulostus vaatetuskankaille on suhteellisen uusi painomenetelmä. Digitaalinen painotekniikka kehittyi tavallisista paperitulostimista ja yleistyi 90-luvulla polyesterikankaille, joista valmistettiin pääsääntöisesti mainosbänderolleja. Tällaisten tekstiilien tärkeimmät ominaisuudet ovat valon- ja kosteudenkesto, mutta vaatetusmateriaalien vaatimukset ovat suuremmat. Nykyisin tekniikkaa pystytään jo hyödyntämään laajasti myös muille kuiduille kuin polyesterille. Digitaalista tulostusta voidaan hyödyntää niin näyttöiden helppossa ja nopeassa valmistamisessa kuin tuotannossa. Digitaalinen tekniikka laajentaa suunnittelijan toimialaa ja vastuuta tuoden täysin uusia mahdollisuuksia kankaiden kuviointiin ja personointiin.

Digitaalisesti printattujen kankaiden osuus maailman painokankaista oli vuonna 2016 vain 2 %. Tekniikan ennustetaan kuitenkin yleistyvän 25 % kasvuvauhtia vuosittain (Savastano 2016). Sama lukema on vuonna 2002 ollut 0,1 % maailman painetuista kankaista (Helminen 2005, 8). Teknologian kehitys on jo tähän asti ollut huimaa ja sen hyödyt tekstiiliteollisuudelle osoittautuneet kiistattomiksi.

Digitaalisen kankaanpainon yksi ehdottomia etuja verrattuna perinteisiin tekniikkoihin, kuten silkkipaino eli serigrafia, rotaatiopaino ja siirtopainanta, on sen helppo varioitavuus. Digitaalisessa kankaanpainossa painokuva valmistetaan kuvankäsittelyllä ja painokone eli tulostin, tulostaa kuvan tai raportin kankaalle. Jatkumoa voidaan toistaa tarpeen mukaan haluttu määrä, oli kyse suuresta tai pienestä metrimäärästä. Valmistamalla useita eriväriä painoaineistoja saadaan toteutettua samaa kuosia erisävyisenä vaivattomasti. Tulostimeen ei tarvitse vaihtaa väriaineita, sillä kaikki sävyt ovat käytössä tulostimen käyttämän CMYK-väriavaruuden myötä. Vain valkoinen väri on tekniikassa hankala. Kuten muussakin tulostuksessa, valkoinen väri on pohjamateriaalin väri. Värien kehittyminen on mahdollistanut niiden käytön vaatetuskankaissa ja myös niiden hankauksen- ja pesunkesto-ominaisuudet soveltuvat nykyisin vaatetuskankankaisiin.

2 DIGITAALINEN PAINOTEKNIikka

2.1 Digitaalisen painotekniikan perusteet

Digitaalinen kankaanpaino toimii periaatteellisesti, kuten mikä tahansa mustesuihkutulostus. Voidaan myös puhua tulostustekniikasta, perinteisen painamisen sijaan. Kankaalle tarkoitetuilla mustesuihkutulostimilla voidaan nykyisin tulostaa lähes kaikkia vaatetusmateriaaleja sekä myös paljon kulutuksen kestoa vaativia verhoilumateriaaleja.

Digitaalinen kankaanpainon kasvu on viime vuosina ollut räjähdysmäistä (Textile world 2018). Tekniikka yleistyi ensin banderollien ja muiden pesua tarvitsemattomien tekokuituisten tuotteiden painotekniikkana. Vaatetuskankaiden alueella kehitys on ollut voimakasta ja se on avannut täysin uusia mahdollisuuksia vaatetusyrityksille. Vaatetusmateriaalit edellyttävät painotekniikalta kestävyyttä, pestävyyttä sekä parempaa värien sekä resoluution toistoa. Näiden ominaisuuksien kehittyessä on syntynyt mahdollisuus siirtyä pohtimaan tekniikan monialaisia mahdollisuuksia vaatteiden suunnittelussa ja toteutuksessa.

Digitaalisen painotekniikan kehitys alkoi 70-luvulla. Ensimmäistä digitaalista painoteknistä sovellusta käytettiin matoille. Millikenille patentoitu teknologia oli Air jet to carry ink to carpet substrate. (Tyler 2005, 3.) 90-luvulla digitaalinen kankaanpaino, painoteollisuuden alana alkoi kasvaa ja alussa sitä käytettiin lähinnä prototyyppien valmistukseen sekä pieniin kangasnäytteisiin (Tyler 2005, 1).

2.2 Mustesuihkutulostimen toimintaperiaate

Mustesuihkutulostuksessa kuva muodostuu kankaalle yksittäisten väripisaroiden avulla. Pisan koko vastaa pienintä toistettavissa olevaa yksityiskohtaa. Pisara on piste, josta kuva muodostuu. Kuvankäsittelystä tuttu yksikkö dpi (dots per inch) on käytössä myös puhuttaessa kankaalle

tulostavien mustesuihkutulostimien tarkkuudesta. Kankaalle painettavan kuvan toivottu tarkkuus on noin 300dpi (Helminen 2005, 10).

Mustesuihkutulostimet käyttävät samaa väritilaa kuin muutkin tulostimet. CMYK-väritila on yleisesti tunnettu kiinteiden aineiden väritila. Värien sävyt muodostuvat neljän päävärin yhdistelmästä.

Mustesuihkutulostimet voidaan jakaa toimintaperiaatteensa mukaan neljään ryhmään. Nämä ovat kuplamustesuihku, pietsomustesuihku, venttiilimustesuihku ja jatkuvatoiminen mustesuihku. Näistä kolme ensin mainittua toimivat DOD- eli Drop On Demand- periaatteella, jossa tulostin ruiskuttaa mustetta tarvittaessa. (Helminen 2005, 13.)

2.2.1 Kuplamustesuihku

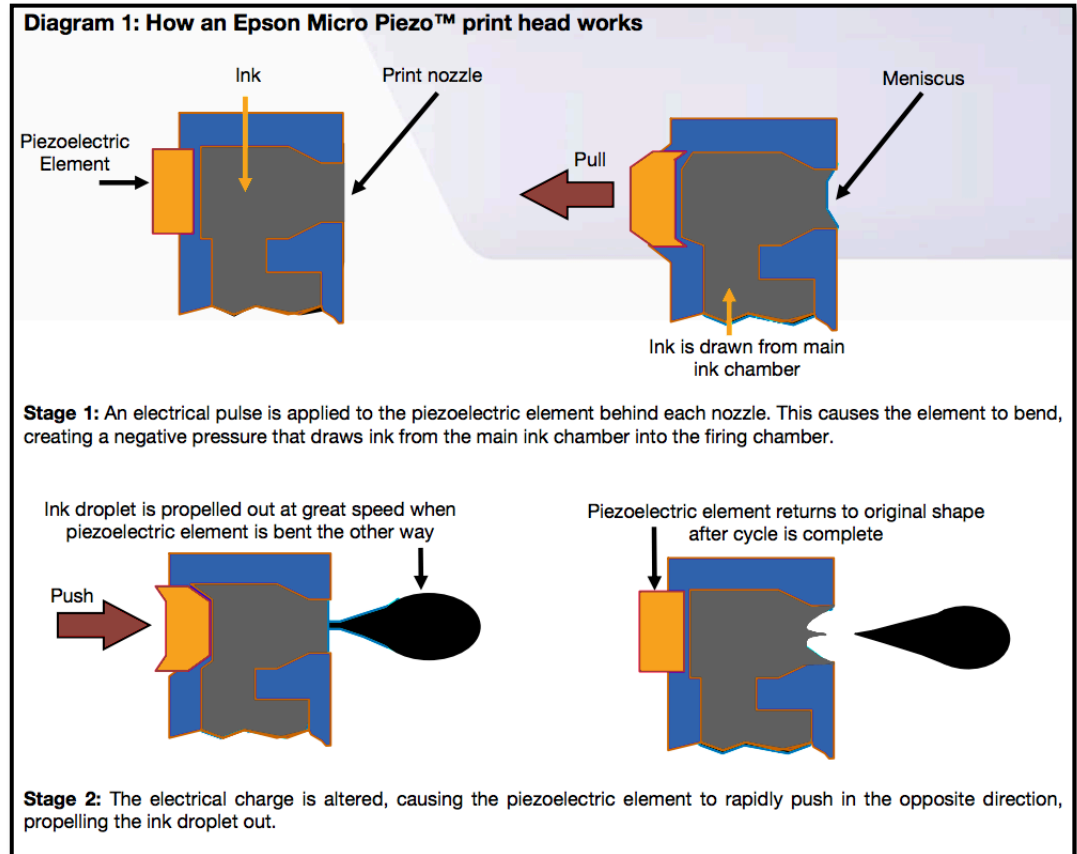
Kuplamustesuihkutekniikassa väripisaran tuottamiseen ja lähettämiseen käytetään lämpöä. Lämmön avulla väri saadaan höyrystymään kuplaksi, joka aiheuttaa painetta värikammiossa. Paine purkautuu pisarana. (Helminen 2005, 9.)

Kuplamustetekniikan etuja ovat sen tulostuspäiden alhaiset valmistuskustannukset ja viallisten väripäiden helppo uusinta värikasettia vaihtamalla. Lisäksi tekstiilitulostukseen riittävä resoluutio 300 dpi on helppo saavuttaa tällaisella tulostimella. (Helminen 2005, 9–10.)

2.2.2 Pietsomustesuihku

Pietsomustesuihkutulostimen toimintaperiaate perustuu pietsokeraamiseen materiaalikiteeseen. Kiteeseen ohjattaessa pietsosähköä, kite laajenee ja aiheuttaa paineaallon värikammiossa, joka aiheuttaa pisaran irtoamisen (kuvio 1). Tekniikka ja siihen tarvittava suutin on huomattavasti hankalampi valmistaa verrattuna kuplamustesuihkutulostimeen. Väripäiden käyttöikä on kuitenkin huomattavasti pidempi verrattuna kuplamustesuihkutekniikkaan.

Haluttaessa tarkkaa tulostusta, on pietsomustesuihkun tulostusnopeus hidasta. (Helminen 2005, 11–12.) Pietsomustesuihkutulostus on yksi käytetyimmistä tulostusmenetelmistä teksteille (Tyler 2005, 9).



Kuvio 1. Pietsomustesuihkun toimintaperiaate (Alder technology 2017)

2.2.3 Venttiilimustesuihku

Venttiilimustesuihkutulostimen toimintaperiaate perustuu paineenalaisen musteen vapauttamiseen avaamalla ja sulkemalla solenoidiventtiilejä. Tekniikan etu on, että sillä voidaan tulostaa suurikokoisia pisaroita. Tämä on hyödyksi tulostettaessa paksuja ja nukattuja kankaita, kuten mattoja. Venttiilien ja pisaroiden koko on suuri, joten venttiilimustesuihkutulostimen tulostustarkkuus jää 30–100 dpi:hin. (Helminen 2005, 13.)

2.2.4 Jatkuvatoiminen mustesuihku

Jatkuvatoiminen mustesuihku eroaa muista tekniikoista, sillä siinä pisaroita muodostetaan jatkuvana virtana. Kun kolme edellä mainittua tekniikkaa ovat niin sanottuja DOD-tekniikoita, jatkuvatoimisesta tekniikasta puhutaan taas CIJ-tekniikkana (Continuous Ink Jet). Tekniikassa pisarat poikkeutetaan sähköisesti. Tekniikan etuna on, että sähkövarausta muunnettaessa pisaran paikkaa kankaalla voidaan muuttaa. Tämä tarkoittaa sitä, että tulostimen resoluutiota voidaan nostaa lisäämättä suuttimia. Tekniikan suurin etu on kuitenkin sen nopeus. Jatkuvatoimisien mustesuihkutulostimien suuttimien valmistus on kuitenkin kallista. (Helminen 2005, 13–14.)

2.3 Väriaineet

Mustesuihkutulostimissa käytettävät väriaineet jakautuvat materiaalien mukaan. Reaktiiviväreillä voidaan tulostaa luonnonkuiduille, kuten selluloosakuiduille ja silkille. Happovärit soveltuvat myös silkille, sekä villalle ja polyamidille. Polyesterille painettaessa käytetään dispersiovärejä. Pigmenttivärit taas soveltuvat periaatteessa kaikille edellä mainituille kuiduille. Tulostusvärien käyttö on periaatteellisesti sama kuin perinteisessä tekstiilien painamisessa laaka- ja rotaatiopainotekniikalla. Väri on käyttövalmis painopasta, joka muodostuu väriaineesta, paksunnosaineesta, liuottimesta ja apuaineista. (Helminen 2005, 23.)

Väriaineiden kiinnitys kankaaseen riippuu materiaalista ja väriaineesta. Hap- ja reaktiivivärien kiinnitys tapahtuu höyrykiinnityksellä, kun taas pigmenttivärit kiinnitetään kuivana lämmöllä (Eccless 2016).

2.4 Painokangas

Laatuvaatimukset tulostettaville kankaille ovat samat kuin perinteisissä painotekniikoissa. Tasalaatuiselle kankaalle syntyy siisti painojälki eikä epätasainen pinta aiheuta virheitä painokuvaan. Kankaat eivät saa

sisältää viimeistysaineita, jotka haittaavat värin kiinnittymistä. Myös kankaan mittapysyvyyssominaisuudet ovat tärkeitä. Vaihtelut loimi tai kudesuuntaan aiheuttavat virheitä painojäljessä.

2.5 Mustesuihkutulostus verrattuna perinteisiin painomenetelmiin

Perinteisinä tekstiiliteollisuuden käytössä olevia painotekniikoita on kaaviopainanta, joka jakautuu laaka- ja rotaatiopainoon, sekä siirtopainanta (Forss 2000, 101). Laaka- ja rotaatiopainossa valmistetaan kaavio tai rulla, jonka avulla valmis painoväri eli pasta siirretään kankaalle. Siirtopainossa väriaine painetaan paperille, josta se kuumentamalla saadaan siirrettyä painettavaan materiaaliin (Forss 2000, 24). Digitaalinen mustesuihkutulostus voidaan toteuttaa suorana tulostuksena kankaalle tai siirtopainona.

Digitaalisen kankaanpainon edut, verrattuna perinteisiin tekniikoihin kuten laaka- ja rotaatiopaino, on sen nopea toimintasykli. Perinteisissä tekniikoissa (esimerkissä kaaviopaino) työaikataulu voidaan jakaa seuraavasti:

- alkuperäinen kuva tai kuosi -> kuvan asettelu ->
- värierottelu -> kaavion valmistus -> värien valmistus
- näytteiden painaminen
- kaavion pesu -> ylijäämävärien hävitys -> massatuotanto värien valmistus
- kankaan massatuotanto
- kaavion pesu ja säilytys -> ylijäämävärien hävitys
- jälkikäsittely

Perinteinen painoprosessi kestää yhden kuosin ja värin kohdalla noin 1,5–2 kuukautta (kuvio 2)

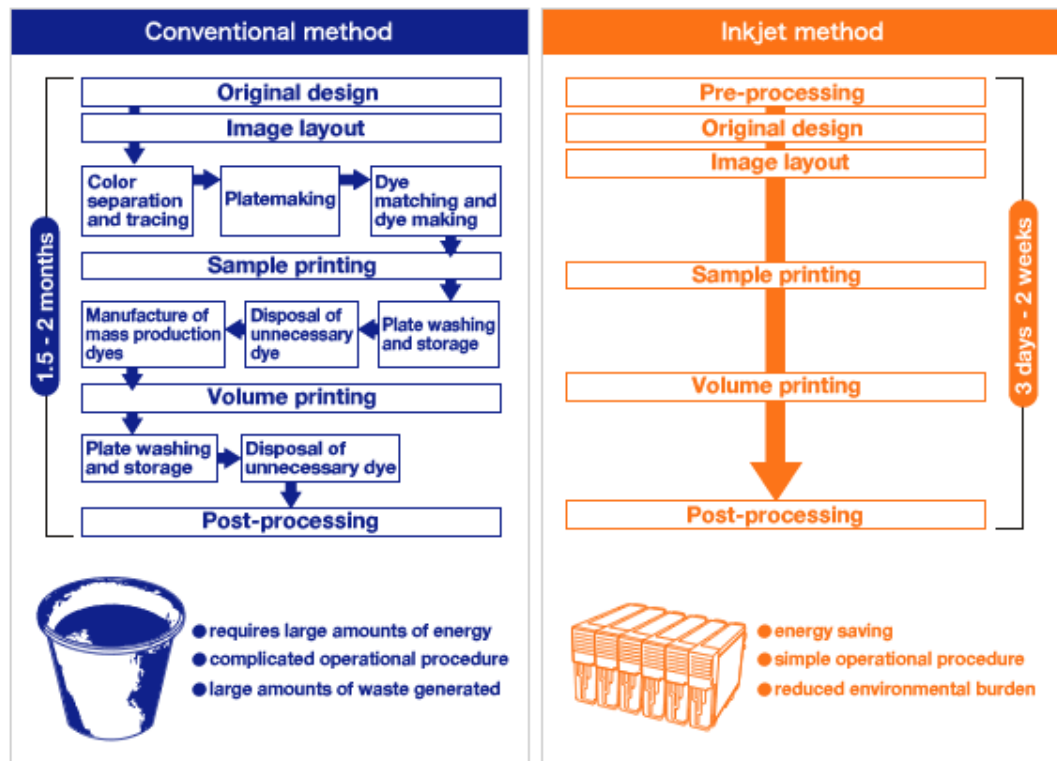
Digitaalista mustesuihkutulostusta käytettäessä sama prosessi koostuu seuraavista elementeistä:

- esikäsitteily
- alkuperäinen kuva tai kuosi -> Kuvan asettelu
- näytetulostus
- kankaan massatuotanto
- jälkikäsitteily

Vastaavan prosessin kesto käytettäessä digitaalista mustesuihkutulostusta on noin kolmesta päivästä kahteen viikkoon (kuvio 2). Aikaa vievimpiä vaiheita tässä prosessissa on painomateriaalin eli kuvan valmistus sekä kankaan massatuotanto.

Digitaaliset painolaitteet eivät yllä tuotantonopeudessa lähelle perinteistä laaka- tai rotaatiopainoa, mutta nopeuden kehittyessä, digitekniikasta tulee varteenotettava haastaja perinteisiin tekniikoihin nähden.

Mustesuihkutulostamisen ympäristön kuormittavuus on vähäisempää verrattuna perinteisiin tekniikoihin. Kun painoon tarvittavia kaavioita tai rullia ei tarvitse pestä, säästyy vettä. Myöskään värien hukkakulutusta ei synny, sillä mustesuihkutulostus käyttää vain tarvittavan määrän mustetta. Valmiiksi sekoitettuja värejä ei tarvita.



Kuvio 2. Perinteisten kankaanpainotekniikoiden vertailua mustesuihkutulostukseen. (Seiko Epson corp. 2017)

3 OPTITEX OHJELMISTOKOKONAISUUS

Työn toteutukseen käytettiin Optitex 9.6-ohjelmistoa (myöhemmin Optitex). Optitex on Windows käyttöjärjestelmään suunniteltu vaatealan monipuolinen, helppokäyttöinen ja selkeä ohjelmistokokonaisuus. Työssäni käytin Optitexin kolmea erillistä ohjelmaa. Optitex PSD on kavoitukseen suunniteltu ohjelmisto. Optitex Markerissa on mahdollista piirretyistä kaavoista muodostaa asetelma ja Optitex Modulate muodostaa valmiista kaavasta 3D-mallinnuksen. Tekstiili- ja vaateustekniikan insinöörin koulutukseemme liittyvässä Investronican ohjelmistokokonaisuudessa on vastaavanlainen kaavaohjelma ja asetelmaohjelma, mutta 3D-mallinnusta ei koulutuksessamme ole käsitelty.

3.1 Optitex PDS

Optitex PDS eli Optitex Pattern Design Software sisältää tärkeimmät ominaisuudet kaavojen piirtämistä ja kuosittelua varten. Optitexin käyttö on tekstiilialalle suunnattuihin ohjelmiin totuneelle helppoa ja käyttäjäystävällistä. Optitex PDS:n käyttöjärjestelmä on Investronicaan verrattuna selkeämpi ja visuaalisempi. Windows käyttöjärjestelmän pikavalinta näppäimet (kuten Ctrl C kopioi elementin) toimivat Optitexissä. Tällaiset ominaisuudet nopeuttavat toimintaa huomattavasti, kun välistä poistuu useita näppäimen painalluksia. Kyseiset ohjelmien yli kantavat toiminnot ja yhteensopivuudet parantavat työskentelyn laatua ja ovat toivottavia ohjelmissa.

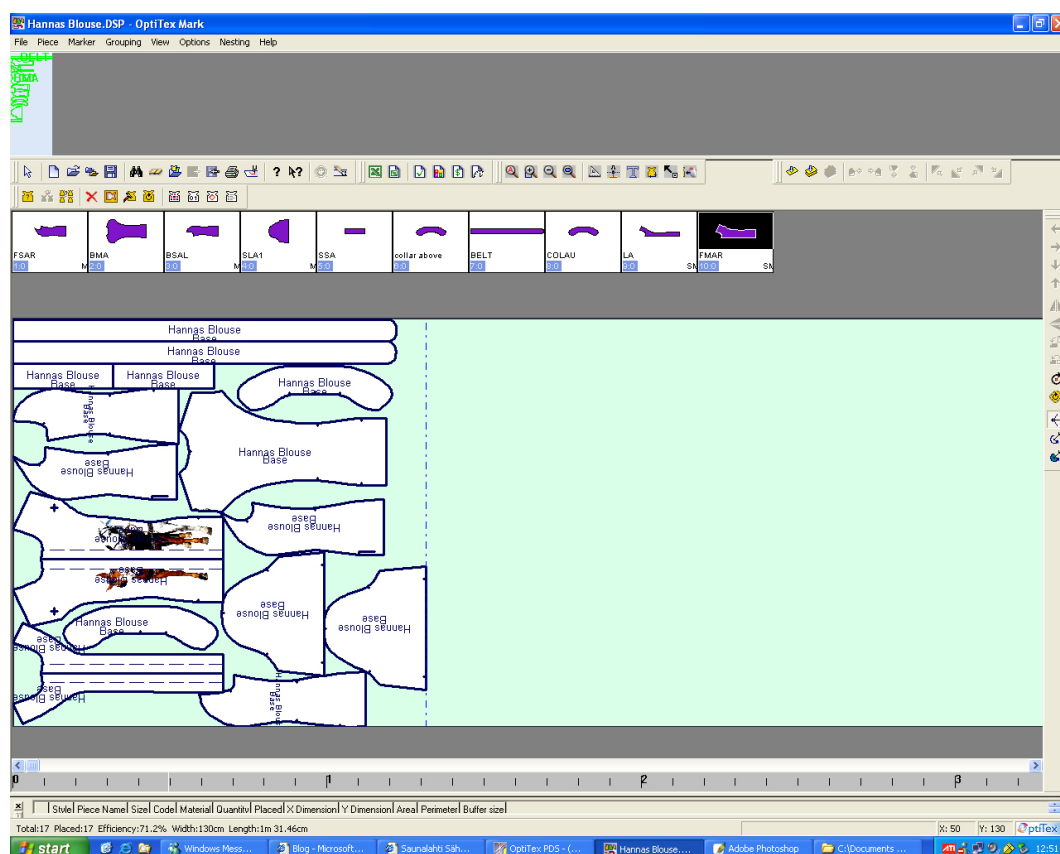
Tärkeää on myös ohjelmien tiedostomuotojen siirto toiseen ohjelmaan. Optitex PDS:n kaavatiedostot olivat siirrettävissä kuvankäsittelyohjelmaan. Ohjelmiston tuottaman dokumentin pystyy tallentamaan useampaan eri tiedostomuotoon.

3.2 Optitex Marker

Optitex Marker ohjelmassa kaavasta saadaan valmistettua asetelma.

Valmis asetelma tulostetaan normaalisti kaava-arkiksi, jonka avulla vaate leikataan kankaasta (kuva 1). Työssäni en kuitenkaan toiminut näin, vaan asetelmaa hyödynnettiin painokuvan valmistamisessa.

Optitex marker oli miellyttävä ja helppokäyttöinen ohjelma ja kuten muutkin Optitexin ohjelmat, ovat käyttöliittymältään visuaalisempia,



Kuva 1. Painokuva lisättyä kaavoihin Optitex Marker ohjelman asetelmassa. Oikeasta sivukappaleesta puuttuu tässä vielä painokuva.

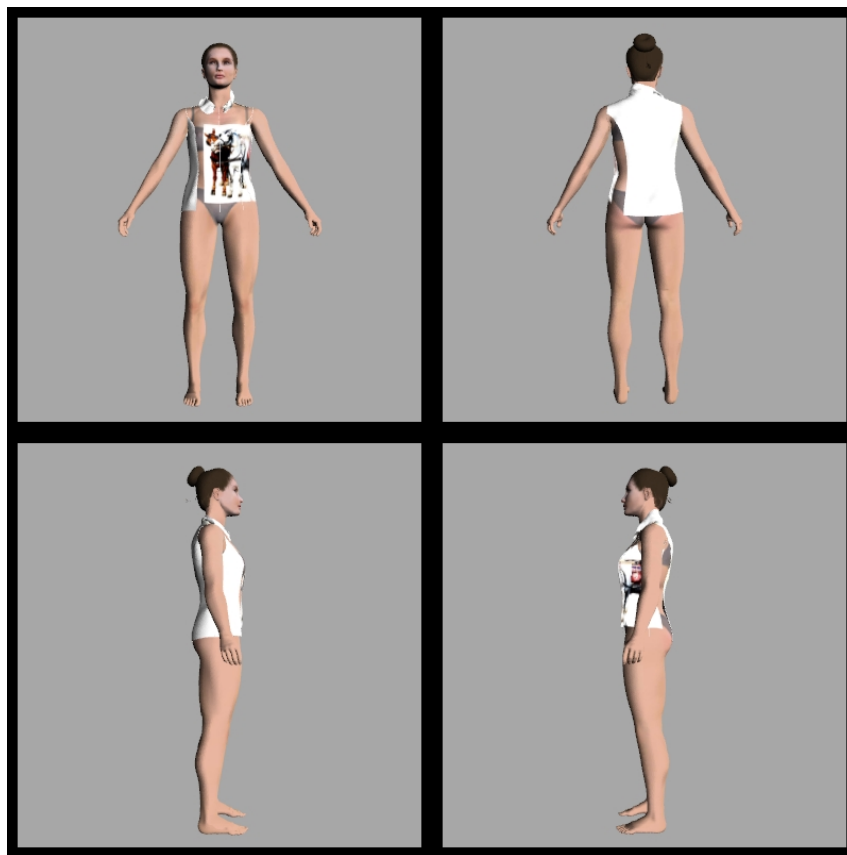
3.3 Optitex Modulate

Optitex Modulate ohjelmalla kaavoista voidaan muodostaa 3D- mallinnus.

Mallinnuksen tekeminen helpottaa suunnittelijaa näkemään tuotteen muotoa ja vähentää työmäärää prototyyppiä tehtäessä. Mallinnuksen

avulla on helppo korjata kaavoituksessa tapahtuneita vaatteen osien mittasuhdevirheitä, mutta mallinnus ei kuitenkaan korvaa oikean tuotteen sovitusta ihmisen päälle (kuva 2).

Mallinnusta voisi hyödyntää työni kaltaisessa prosessissa laajemminkin. Päädyin kuitenkin vain testaamaan mallinnusta, sillä pääsin Mariborin yliopistossa ensimmäistä kertaa testaamaan mallinnusohjelmaa.



Kuva 2. Kaavojen mallintamista ihmisvartalon päälle Optitex Modulate ohjelmalla.

4 KUVAN KÄSITTELYN PERUSTEET

4.1 Väritilat

Näkemämme väri muodostuu eri objekteissa erilaisista väritiloista. Näkemämme värit näytössä, joka käyttää värin toistamiseen valoa on RGB-värijärjestelmä. Tulostimissa- sekä tulosteissa käytetty väritila on CMYK-värijärjestelmä. Näiden väritilojen avulla pystytään vertailemaan värejä ja ennakoimaan erilaisten värioppaiden avulla. Värijärjestelmät helpottavat halutun painojäljen tai väriaistimuksen hakemista laitteesta riippumatta.

4.1.1 RGB

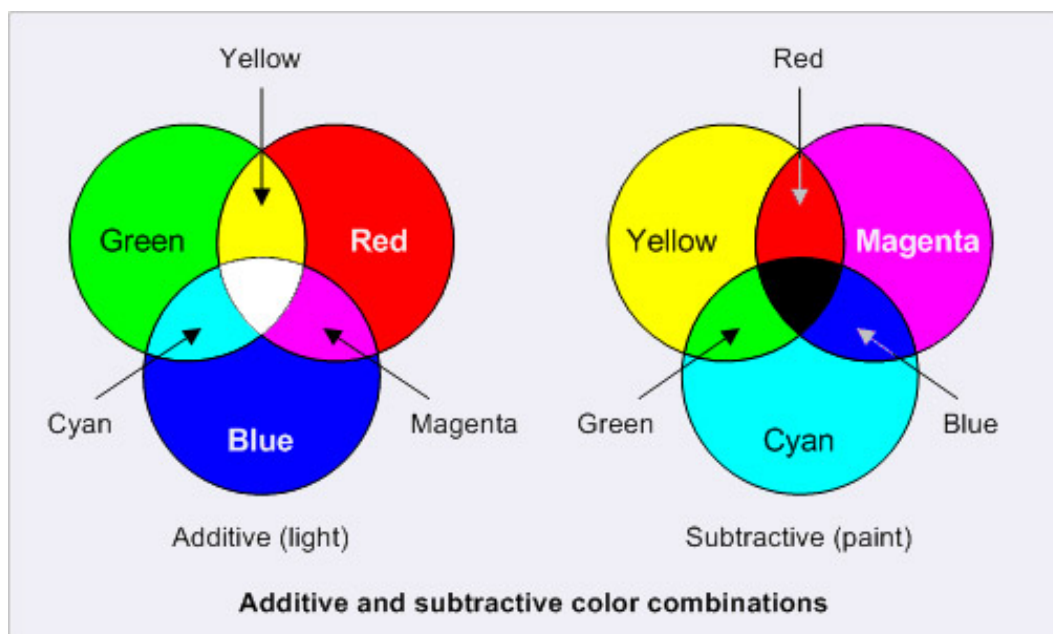
RGB-väritilassa värit muodostuvat sekoittamalla keskenään punaista, vihreää ja sinistä valoa. Järjestelmän lyhenne tulee sanoista Red (punainen, Green (vihreä) ja Blue (sininen). RGB-väritilasta on additiivisen värijärjestelmä, sillä eri värit ja sävyt saadaan yhdistelemällä valon eri aallonpituuksia (kuvio 3). RGB-väritilassa valoja yhdistellään, jolloin voidaan sitä sanoa additiiviseksi- eli lisääväksi värijärjestelmäksi. Mitä enemmän valoa silmämme näkee, sitä vaaleampi on lopputulos. Kaikkien värien yhdistelmä on silloin valkoinen ja musta on valoton kohta. RGB-värijärjestelmää käytetään yleisesti televisioissa, tietokoneen näytöissä ja puhelimissa. Näyttöpäätteiden väri, se jonka silmämme näkevät, muodostuu punaisen, vihreän ja sinisen värin yhdistelminä. (Toivanen 2005).

4.1.2 CMYK

CMYK-värijärjestelmä on käytössä pääasiassa painotuotteita varten valmistettavissa kuvissa ja aineistoissa. Lyhenne muodostuu englanninkielisistä sanoista Cyan (syaani), Magenta (magenta), Yellow

(keltainen) ja Key (avain- tai kohdistusväri eli musta) (kuvio 3). CMYK-värejä käytettäessä, puhutaan yleensä neliväripainosta, jolloin jokainen väri painetaan tuotteeseen erikseen. Värien voimakkuutta säädellään niin kutsutuilla rasteripisteillä. Rasteripisteiden koko ja tiheys vaikuttavat siihen kuinka tummana tai vaaleana ihmissilmä näkee sävyn. Rasterointia hyödynnettäessä on mahdollista, neljällä perusvärillä, saada aikaan miljoonia erilaisia sävyjä. Ihmissilmä pystyy kuitenkin erottamaan paperille tai kankaalle painetuista sävyistä vain muutamia tuhansia.

CMYK-värijärjestelmässä osavärit, syaani, magnat, keltainen, estävät osaa valosta heijastumasta silmään. CMYK-värijärjestelmä on niin kutsuttu subtraktiivinen eli vähentävä värijärjestelmä. Mitä enemmän väriä käytetään, sitä tummempi on ihmissilmän näkemä lopputulos. (Toivanen 2005).



Kuvio 3. Additiivinen ja substraktiivinen värijärjestelmä ja niiden värinmuodostus. RGB - valon päävärit ja CMYK - kiinteän aineen päävärit (MCAD INTRANET 2017)

4.2 Objektien hallintamuodot

Kuvankäsittelyohjelmissä objekteilla voi olla erilaisia ominaisuuksia. Näistä yleisimmät ovat bittikarttagrafiikka eli digitaaliset kuvat, vektorigrafiikka, joka skaalautuu menettämättä tarkkuuttaan ja fontit eli kirjaisimet.

4.2.1 Bittikarttagrafiikka

Bittikarttakuvat muodostuvat neliön mallisista pikseleistä, jotka muodostavat ruudukon. Jokaisella ruudulla on oma värinsä ja kuva muodostuu näiden pienen pienten ruutujen avulla. Kuvien käsittelyyn on olemassa useita ohjelmistoja, joista tunnetuimpia bittikarttakuville on Adobe Photoshop. Kuvan tarkkuudesta kertoo sen ppi-luku eli kuinka monta pikseliä per tuuma sijoittuu.

4.2.2 Vektorigrafiikka

Vektorigrafiikka perustuu koordinaatistoon sidottuihin objekteihin eli muotoihin, kuten suoriin, ympyröihin ja kaariin. Objektien ominaisuudet ja muodot esitetään koordinaatein ja matemaattisin funktioin.

(Kallinen 2006). Vektorigrafiikka ei ole sidottu resoluutioon, vaan siinä kuvaa muokattaessa muunnetaan matemaattisia funktioita. Useimmat fontit käsitellään vektorigrafiikkana. Tarvittaessa fontit voidaan kuitenkin muuttaa pikseligrafiikaksi, jolloin ne käyttäytyvät, kuten bittikarttakuvat muutenkin. Vektorigrafiikkaa voidaan käsitellä muun muassa Adobe Illustrator ja Adobe InDesign ohjelmilla.

4.3 ICC-profiilit

ICC-profiilit ovat laitteiden, joita käytetään kuvien käsittelyyn, värintoistoa kuvaavia profiileja. Kaikkien tällaisten laitteiden profiilit ovat yksilöllisiä ja profiilit ovat tärkeitä, jotta käytettäessä eri laitteita, päästäisiin mahdollisimman tasalaatuiseen lopputulokseen. Käytettäessä ICC-profiileja kuvan värimaailma pysyy samana laitteesta riippumatta, oli kyse skannerista, näytöstä tai painolaitteesta.

ICC-profiilit on kehitetty yhtenäistämään värinhallintaa eri toimijoiden ja laitteiden välillä. ICC-profiilien kehitys sai alkunsa Applen vuonna 1993 kehittämästä ColorSync värienhallinnasta. ColorSync pyrki yhdistämään eri valmistajien kehittämiä värienhallintajärjestelmiä yhden standardin alle. Suuria alan toimijoita, kuten Adobe ja Agfa koottiin yhteen ja luotiin ColorSync Consortium, josta myöhemmin muodostui International color consortium (ICC). Organisaatio julkistaa avoimia värinhallintaprofiileja, jotka ovat kaikkien käytettävissä. Tämä ratkaisu on luonut standardin kaikkiin suuriin käyttöjärjestelmiin: Apple, Windows ja avoimen lähdekoodin Linuxiin. (Helminen 2005. 45–46).

Oikein toimiva värienhallinta edellyttää, että kaikkien värilaitteiden, skannerin, kameran, näytön ja tulostimen väriprofiilit ovat tarkkoja ja toimivat ICC:n kanssa (kuvio 4).

- **Näyttöprofiilit**

Näyttöprofiili kuvaa näytön värientoistokykyä. Näyttöprofiili on hyvä luoda ensimmäisenä, sillä värien toisto täsmällisenä näytössä on tärkeää värien valinnan kannalta suunnitteluprosessissa. Mikäli näytön toistamat värit eivät vastaa printin todellisia värejä, värien vastaavuus ei toteudu (kuvio 4. C).

- **Syöttölaitteen profiilit**

Syöttölaitteen profiili kuvaa mitä värejä skanneri tai kamera voi toistaa. Jos kamera sisältää useita ICC-profiileja ja materiaalia työstetään Adoben ohjelmilla, suositetaan että profiileista valitaan Adobe RGB (kuvio 4. A).

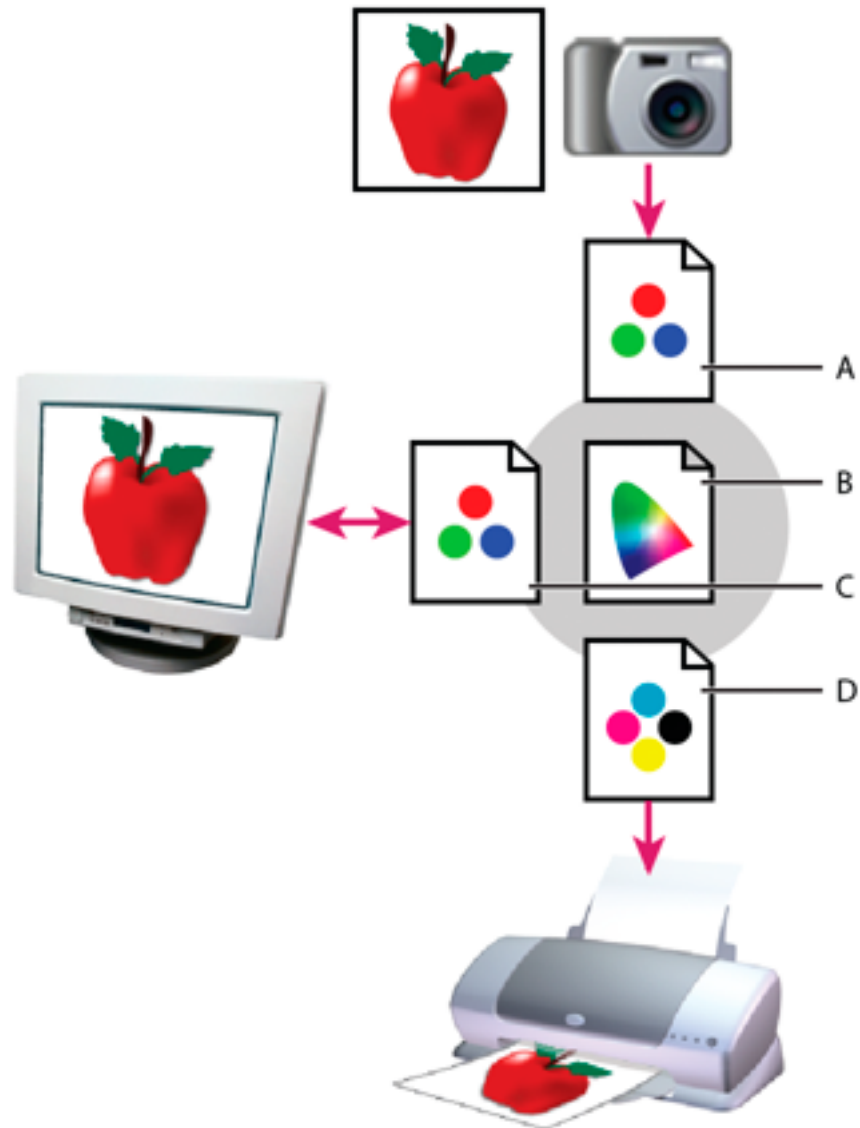
- **Tulostuslaitteen profiilit**

Tulostuslaitteen profiili on painokoneen tai tulostimen väritilaa. Värihallintajärjestelmä kohdistaa printin värit tulostuslaitteen väritilan toistoalaan kuuluviin väreihin oikein hyödyntäen tulostuslaitteen profiilia.

Tulostusprofiilin on myös otettava huomioon erityiset tulostusehdot, kuten paperin ja musteen tyyppi. Tekstiili pintana muuttaa kuitenkin värien käyttäytymistä hiukan (kuvio 4. D) .

- **Julkaisuprofiilit**

Julkaisuprofiilia on printin työtila. Painotyöllä tämä tarkoittaa CMYK-työtilaa. RGB-työtilaa käytetään näyttökuvissa. Sovellus määrittää tiedoston (printin) todellisten värien ulkoasun liittämällä mukaan tarpeelliset profiilin koodimerkinnot. Väreillä on omat numerokoodit, jotka eri laitteet tulkitsevat eri tavoin. Kun nämä numerokoodit nimiöidään haluttuun tilaan, toistuvat värit halutulla tavalla (kuvio 4. B).



Kuvio 4. Värihallinta profiilien avulla. (Adobe Creative Suite 2017)

5 PUSERON SUUNNITTELU JA KAAVOITUS

Tuotteen suunnittelun tärkein funktio oli sen saumallisuus ja näin soveltuvuus painokuvion tarkasteluun. Suunnittelin yksinkertaisen paitapuseron, jossa oli pystysuuntaiset muotosaumamat. Tuotteen malli ja tyyli ovat työn toisarvoisia seikkoja. Tuotteessa painokuva ylittää kaksi saumaa, joten kuvan asettumisen havainnointi onnistui hyvin.

Sain tyyliin vaikutteita samalla matkalla, jolla painokuvana toiminut valokuva on otettu. Olimme kiertämässä Erasmus vaihdon aikaan Itävallassa ja niin kutsuttu Peter Pan- kaulus on klassinen Itävaltalainen yksityiskohta. Wienissä kuvasimme hevosvaljakkoa Wieniläisen puiston laitumilla. Valitsin hauskan kuvan, jossa valkea ja musta hevonen ikään kuin suutelevat toisiaan vaaleanpunaisten vankkureiden edessä. Kuvan sävy maailmassa on puhtaita ja murrettuja sävyjä, joista painojäljen laatua voidaan tarkkailla.

5.1 Puseron kaavat

Piirsin puseroon peruskaavan Optitex PSD ohjelmalla. Perusaavana käytettiin naisten puvun pohjoismaista ohjetta ja peruskokoa 38. Kaavan väljyytenä käytettiin normaalia puseroväljyyttä eli rinnanympäryys lisättynä kuudella senttimetrillä. Työssä keskityttiin kuvan tuottamiseen ja muokkaamiseen, joten itse malli, toimi lähinnä työn apupohjana. Kuosittelin puseron halutun laiseksi myös Optitex PSD:llä. Kuosittelussa tärkeää oli huomioida saumat ja miettiä muotosaumojen kaarevuutta. Muotosaumojen kaarevuudella on merkitystä kuvan asettumisen kannalta.

Optitex PDS:llä tallennetut kaavat ovat itseasiassa vektorigrafiikkaa. Kaavatiedoston pystyi kuljettamaan Photoshopiin, jossa käytin kaavoja apuna muokatessani painokuviota. Tässä vaiheessa oli tärkeää muistaa tallentaa kaavat saumavaroineen. Kaavaohjelmissa usein on vaihtoehtona saumavarallinen ja saumavaraton tallennus.

6 PAINOMATERIAALIN VALMISTUS

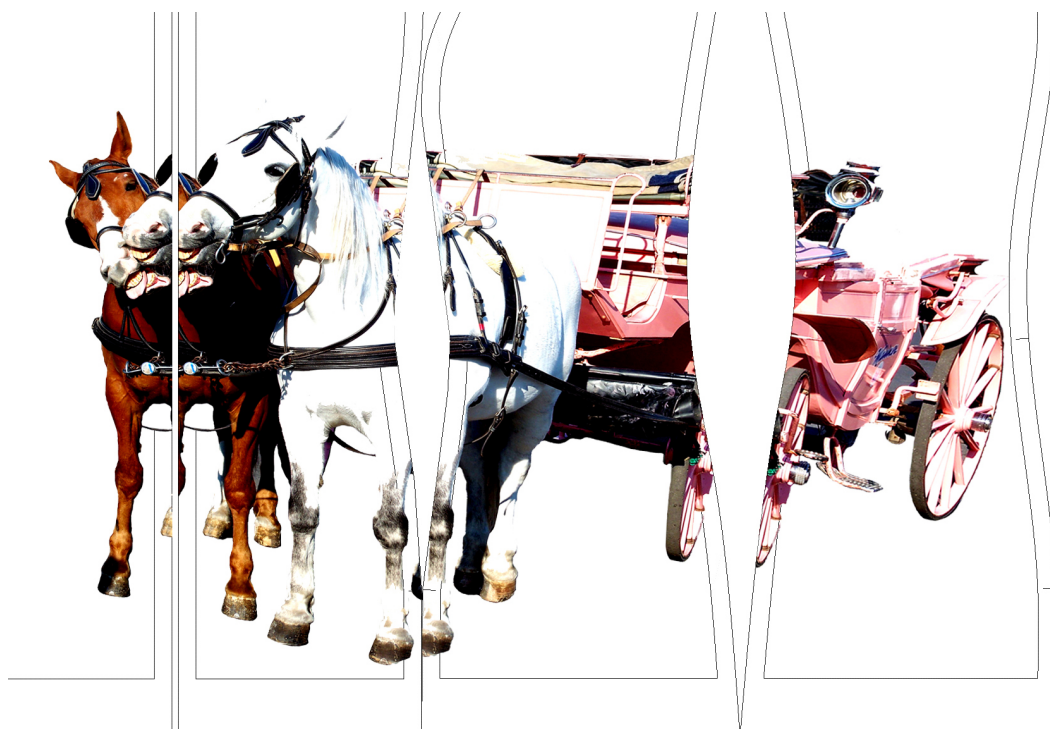
Tulostin tarvitsee aineiston, jonka se voi tulostaa. Aineisto voi olla koko kankaanleveyden peittävä kuosi, yksittäinen raportti tai kohta kankaassa. Perinteisin tapa kuvioida vaatetuskangasta on valmistaa kankaanleveydeltä painettua kangasta, josta tuote leikataan kaavoja käyttämällä. Tällöin valmistetaan aineisto, joka ei ole yksittäinen kuva, vaan raporttien jatkumo, jossa kuvamateriaali jatkuu katkeamatta ja huomaamatta.

Painomateriaalina käytetty kuva kuvattiin Canon järjestelmäkameralla ja sen alkuperäinen koko on 3264 x 2448 pikseliä. Kuvan resoluutio on 480 ppi ja koko senttimetreinä 17,27 cm kertaa 12,95 cm. Kuva syvättiin eli irrotettiin taustastaan käyttämällä Adobe Photoshop ohjelmaa (kuva 3). Samalla kuvalle tehtiin värinsäätöä ja kuvakoon muokkaus. Painokuva ”Hevoset” tallennettiin JPEG-formaattiin.

Tehtyäni kaavan puseroon Optitex PDS:llä, tallensin kaavat saumavaroineen. Kaavat ovat käytännössä vektorigrafiikkaa ja ne pystytään tuomaan myös vektoreina kuvankäsittelyohjelmaan. Kaavan saumavarallisia ääriviivoja hyödyntämällä, muokkasin neljä erillistä kuvaa. Nämä puseron eri kappaleissa sijaitsevat kuvat yhdistämällä ne muodostavat alkuperäisen kuvan kokonaisuudessaan (kuva 4). Tärkeitä seikkoja tässä vaiheessa oli muistaa, että kaavojen ääriviivoja ei saa muokata kuvankäsittelyssä. Jos näin tapahtuisi, se ei muuttaisi itse kaavaa, mutta kuvasta tulisi vääristynyt ja virheellinen. Muokkasin kuvaa myös venyttämällä ja supistamalla, sillä osa kuvasta leikkaantuu muuten pois muotosaumojen vaikutuksesta. Tässä kohdin laajempi tutkimus 3D-mallinnuksen hyödyntämisestä osoittautui itsellekin mielenkiintoiseksi. Tärkeä seikka toteutuksen tässä vaiheessa oli myös muistaa saumavarojen merkitys. Kuvaa piti jatkaa kaavan reunasta saumanvaroihin asti, tällä välttyttäisiin suuremmilta kohdistusongelmilta.



Kuva 3. Syvätytty kuva "Hevoset", jota käytettiin painokuvana.



Kuva 4. Painokuva asetettuna kaavoihin.

6.1 Kuvankäsittely

Painomateriaali kankaalle on yksinkertaisimmillaan kuva. Tarkemmin sanottuna se on kuvatiedosto, jota tulostinta ohjaava ohjelmisto pystyy lukemaan. Tiedostot voivat olla bittikarttakuvia tai vektorigrafiikkaa.

Digitaalisessa kankaanpainossa käytettävä painomateriaali on usein valokuvamainen tai valokuvamaisia osia sisältävä kuosi. Tällaista aineistoa käsitellään kuvankäsittelyohjelmalla. Myös piirrettyjä graafisia kuvia käytetään, mutta näiden toteutus voidaan tehdä myös perinteisillä menetelmillä. Valokuvamaista painojälkeä eivät perinteiset painomenetelmät toista yhtä helposti. Tärkein vaihe kuosin valmistamisessa on, että kuvio jatkuu raporttina ilman rajoja. Periaate raportin valmistamiseen on sama, kuin perinteisissä painotekniikoissa.

6.2 Kuvan siirto tulostimelle

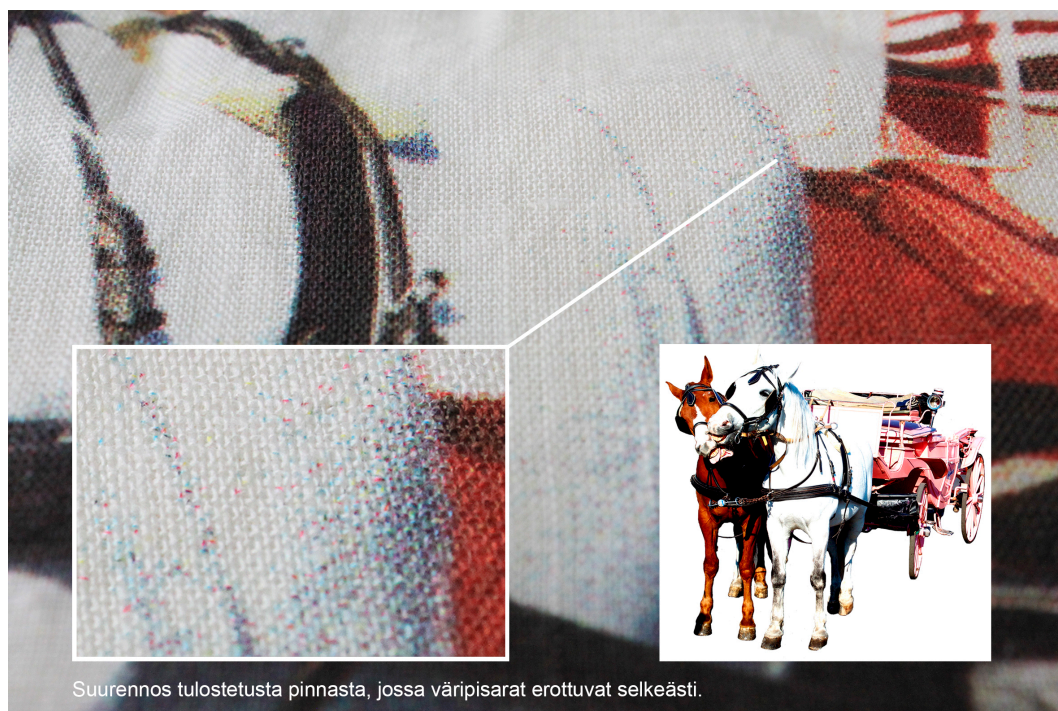
Kuvan siirto tulostimelle vaatii käytettäviltä ohjelmilta ja tiedostoilta yhteensopivuutta. Tiedostomuotona PDF (portable document format) on hyödyllinen kuvan siirrossa. Tiedostomuoto on kehitetty toistamaan dokumentti ulkonäöltään samana, riippumatta tulostinlaitteesta, näytöstä tai käyttöjärjestelmästä. (Helminen 2005, 28.)

Tulostimen ajurit muuttavat tietokoneelta tulevat käskyt bittikarttakuvaksi ja bittikarttakuvan mukaan väripäät suihkuttavat väriä sen määräämiin kohtiin. Ajureissa on yleensä sisäänrakennettu PostScript- tulkki, joka muuttaa tietokoneelta tulevan aineiston tulostimen ymmärtämään muotoon. Tätä vaihetta hallitsee RIP-ohjelma (raster image processor) joka muuttaa tietokoneelta tulevan postscript-koodin tulostimen ymmärtämään muotoon rasterikuvaksi. (Helminen 2005, 28.)

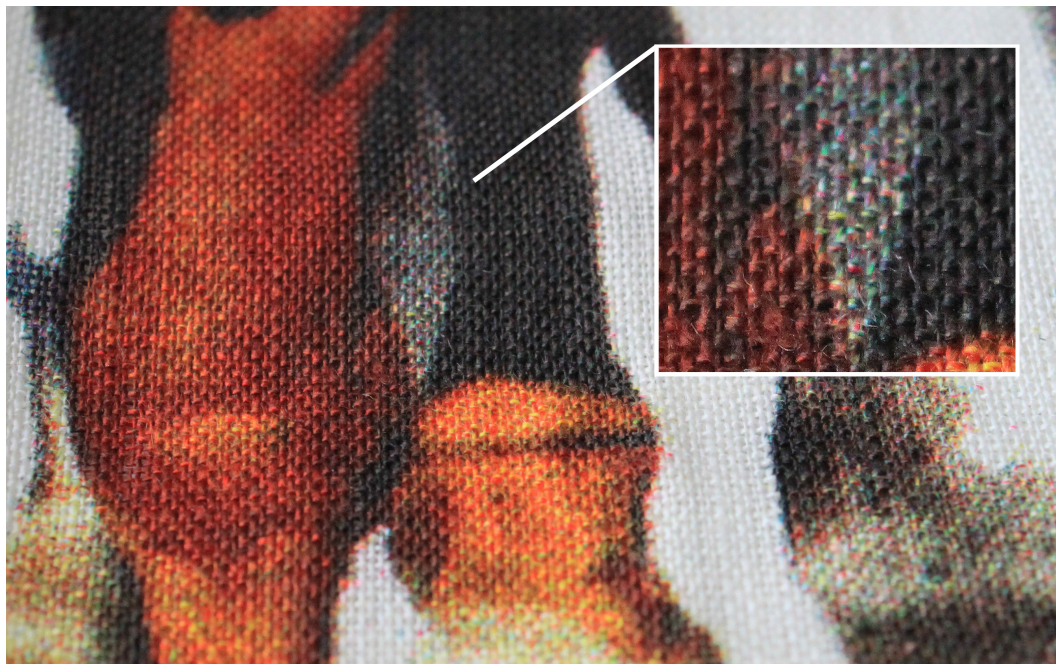
7 VALMIS TULOSTE

Valmis tuloste saapui minulle jälkikäsiteltynä, eli sille oli valmiiksi tehty kiinnitys ja pesu. Pesussa irtoava painoväri oli jättänyt hiukan tahraa kankaaseen, joten värin kiinnittyminen ei ole ollut täydellistä. Yliopiston tulostimella tehtiin painokokeiluja, sekä painomateriaalin materiaaliin (vaalea pellava) testauksia ja oli odotettavissa, että painojälki ei olisi täydellistä.

Valmiista tulostetta pystyy kuitenkin tutkimaan työni perspektiivistä. Oli mielenkiintoista nähdä valmiin kuvan muodostuminen hiukan karkealle pinnalle ja erityisesti tarkastella painojälkeä.



Kuva 5. Kuvassa painoaineisto ja kaksi lähikuvaa valmiista tulosteesta.



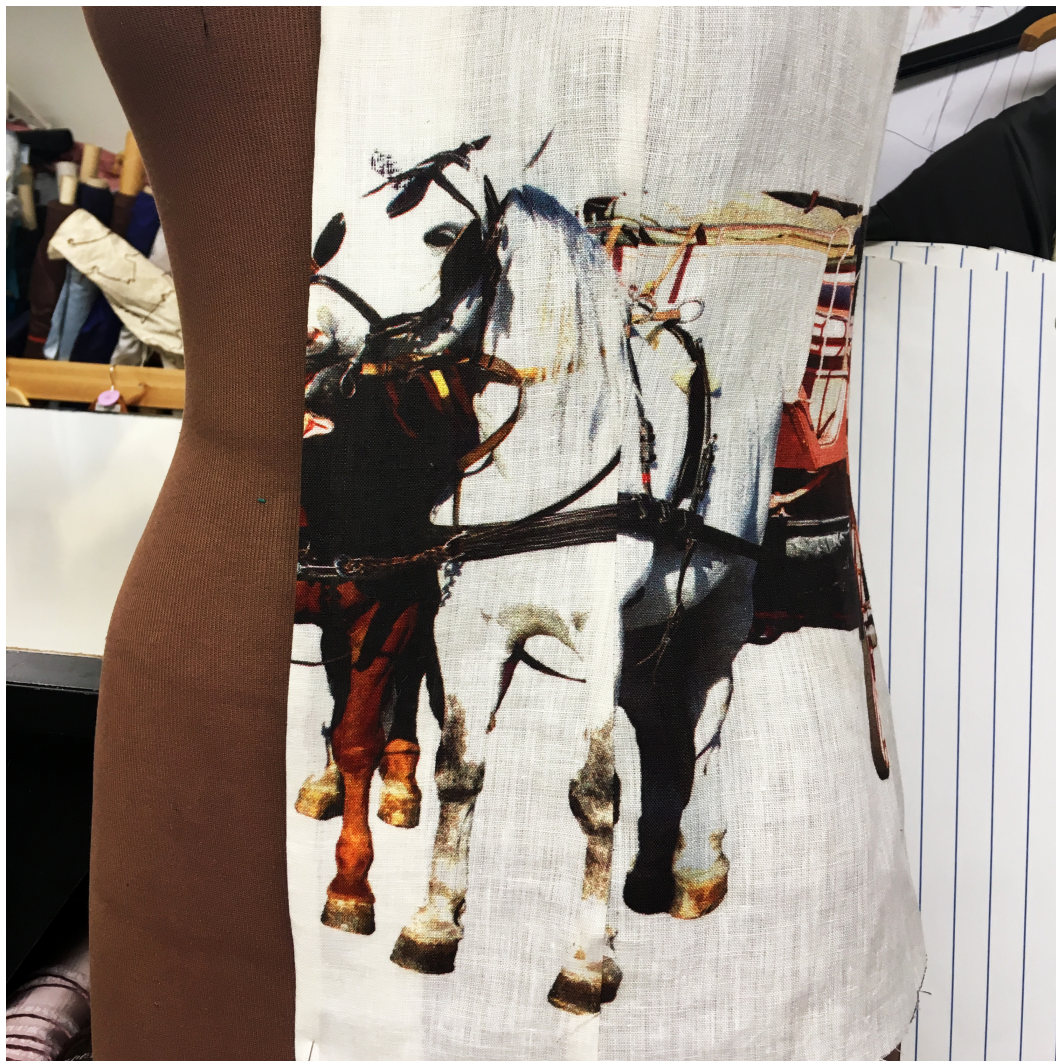
Kuva 6. Lähikuva valmiista tulosteesta. Kuvan mustat kohdat eivät materiaalilla näytä täysmustilta, sillä materiaalin pintarakenne syö optista tummuutta.

Painomateriaalivaihtoehtoja oli yliopistolla kolme, tavallinen lakanapuuvilla sekä kaksi eriväristä pellavaa, luonnon vaalea ja pellavansävyinen. Toivoin että olisin saanut kaksi tulostetta, luonnonvaalean ja pellavanvärisen pellavan. Valitettavasti sain vain yhden tulosteen, joten suurempaa pohjamateriaalin sävyn vertailua en pystynyt toteuttamaan. On kuitenkin selvää, että jopa väriltään luonnonvaalea painopohja muuttaa kuvan sävyjä. Pohjamateriaalin sävyllä voidaan saavuttaa myös haluttu luonnollisuus ja sävy lopputuloksessa, joten kyse ei ole virheestä.

Digitaalisen kankaanpainon yksi suurimmista tulevaisuuden suuntauksista tulee olemaan tuotteiden kustomointi asiakkaan tarpeisiin. Työni kaltaista painotekniikkaa, jossa kuva yhdistetään tuotteen kaavaan ja asetelmaan, voitaisiin laajalti hyödyntää piensarjatuotannossa.

8 VALMIS TUOTE

Valmista tuotetta tarkasteltaessa, voidaan havaita pientä vääristymää kuvassa, erityisesti etumuotosauman syvimässä kohdassa (kuva 7). Etumuotosauman kohdalla kuvakohdistus heittää pituussuunnassa noin 1–2 mm, muotosauman syvimässä kohdassa. Kuvan sijoittelu rinnan alla sivussa, hämää kuitenkin katsojaa. Vääristymä on huomattavinta tumman poikkilinjan eli kuvassa hevosen rintaremmien kohdalla. Tätä vääristymää voidaan kuvanmuokkauksella Photoshopissa parantaa vielä enemmän, mitä työni ensimmäisessä versiossa on tehty. 3D-mallinnusta voitaisiin lisäksi hyödyntää kuvan teko- ja asetteluvaiheessa. Mallinnuksella saataisiin vartalon ja mallin muotoon tarkemmin mukautuva printti. Mallinnuksen hyödyntäminen kuvan asettelussa, oli kyse sitten tasaisesta miehistä tai saumallisesta tuotteesta, olisi suuri hyöty.



Kuva 7. Yhteen ommellut saumat, josta on huomattavissa kuvion asettuminen

Yksittäisen kuvan tulostaminen tasaiselle, saumattomalle pinnalle, esimerkiksi vain rintamuotolaskoksella varustettuun a-linjaiseen mekkoon, työni mukainen kuvan asettelu sopisi ilman mitään ongelmia. A-linjaisessa mallissa kuvaa voitaisiin tarvittaessa kuvankäsittelyohjelmalla vinottaa, jolloin sen asettuminen vartalon päällä saataisiin visuaalisesti mahdollisimman todenmukaiseksi.

9 YHTEENVETO

Painolaitteiden ja painovärien kehitys on ollut huimaa ja kehitys jatkuu kiivaasti. Tekstiilien digitaalinen painaminen on luonut uusia mahdollisuuksia tekstiiliteollisuudelle. Digitaalinen kankaanpaino tuo valokuvamaiset kuosit ja painokuvat vaatteisiimme ja käyttötekstiileihin. Digitaalinen kankaanpaino onkin tulevaisuudessa voimakas haastaja perinteisille menetelmille. Laaka- ja rotaatiopainotuotteet säilyvät varmasti, niiden oman uniikin painojäljen myötä.

Digitaalinen tekniikka on mahdollistanut näytteiden nopean ja helpon valmistamisen. Tekniikkaa pystytään hyödyntämään laajasti niin yksikköpainossa, kuin kankaan jatkuvaan tulostukseen rullana. Digitaalinen tekniikka tuo yksilöidyt tuotteet kuluttajan ulottuville. Omien kuvien ja kuosien tulostus kankaalle on jo mahdollista. Internetistä löytyy useita palveluntarjoajia, joilta voi tilata kankaita moneen käyttöön omalla kuvamateriaalilla. Tällainen palvelu on massakustomointia.

Ohjelmistojen ja laitteiden kehittyessä digitaalinen kankaanpaino nähdään tulevaisuuden tekniikkana. Kuvankäsittelyä pystytään hyödyntämään suunnittelussa ja tuotantovaiheita yhdistämään, luoden säästöjä tuotantoprosessiin. Digitaalisen painotekniikan ympäristövaikutukset ovat myönteisemmät, sen vähäisen vedenkulutuksen ja värienkäytön myötä.

Digitaalikameralla kuvatun kuvan muuntaminen painokelpoiseksi printiksi oli työn helppo osuus. Hankalaa tämän tyyppisestä työskentelystä tekee ohjelmien keskinäinen toimimattomuus. Kuvankäsittelyohjelma Photoshop ja muut Adoben ohjelmat toimivat keskenään hyvin ja tämä onkin ohjelmistovalmistajan tavoite. Corelin ohjelmat tekevät samoin, mutta näiden kahden ohjelmistokokonaisuuden käyttäminen ristiin on jo hankalampaa. Ohjelmistot kyllä lukevat toistensa tiedostoja, mutta koska niissä on erilaisia ominaisuuksia, muutokset kuvassa tai tiedostossa ovat mahdollisia. Optitex 9 taas toimii omilla kuvaformaateilla ja samoin tulostin omilla. Kuvaformaateilla on omia tiettyjä ominaisuuksia, jotka ovat ohjelmistoille ja painokuvalle tarpeellisia, näin ollen esimerkiksi yleinen

kuvaformaatti .jpg, ei tullut tässä tapauksessa kyseeseen. JPEG-kuva ei pysty toistamaan vektorigrafiikkaa ja on näin ollen työskentelyyn soveltumaton.

Optimaalinen tilanne olisi, että kuvamateriaali siirtyisi ohjelmistojen välillä helposti. Tähän ratkaisuna olisi yleinen kuvaformaatti, joka pystyisi säilyttämään kaiken tarvittavan informaation oikeassa muodossa. Tämä ratkaisu olisikin jo mahdollista osittain PDF-formaatissa.

Työni tapauksessa käytin ratkaisuna kuvan siirtämisessä, kierrättää Optitex 9:llä tehty valmis vektorigrafiikkaa oleva asettelu, printattavaksi tarkoitetun hevoskuvan kanssa, Coreliin. Corelissa tiedoston pystyi muuttamaan tulostimella tulostettavaksi ja samalla kankaalle tulostuu kaavojen leikkausääriiviivat. Näin ollen erillistä markkeria eli asetelua kankaalle ei tarvita ja painokuvio on jo valmiina ommeltavissa kappaleissa. Tällaista tekniikkaa voi hyödyntää myös koko asettelun, eli markkerin sisältävissä printeissä. Silloin niin sanottu leikkuujäte jää puhtaaksi printistä ja säästää mustetta. Tällainen tulostaminen on mahdollista hyvin valmistellulla painoaineistolla, jota myös helposti voidaan muokata esimerkiksi värien puolesta ja varioida printtejä tuotteisiin.

Kun digitaalinen tekniikka valjastetaan suunnittelijan käyttöön, antaa se suuremmat mahdollisuudet kokeilla, tutkia ja luoda, sillä tuotantoteknologia mahdollistaa uudet tulostusmahdollisuudet (Bowles & Isaac 2012. 4).

Digitaalisen tulostamisen kehitys kankaalle vapauttaa suunnittelijoiden kädet perinteisistä siteistä: painokuvioiden raportit ja värierottelu, jotka ovat seri- ja rotaatiopainossa avainasemassa. Suunnittelijat pääsevät käyttämään laajempaa värivalikoimaa helpommin. Painokuvista- ja kuvioista on mahdollisuus sekä tehdä yksityiskohtaisempia. Vapaus kokeilla ja luoda helpottuu, yksittäisten tuotteiden ja pienien painoerien mahdollisuus laajenee, sekä mahdollistaa painokuvioiden suunnittelun tiettyyn tuotteeseen. (Bowles & Isaac 2012. 4).

Kuvan suunnittelussa voidaan hyödyntää myös sekatekniikkaa. Painokuva voidaan luoda yhdistelmänä piirrosta, valokuvaa, skannausta, leikettä, tekstiä tai melkein mitä tahansa kuvamateriaalia. Digitaalinen kankaanpaino on aloittanut uuden suunnan kankaanpainossa ja päästänyt suunnittelijoiden inspiraation valloilleen.

Mielenkiintoinen näkökulma suunnitteluun on muodon sovittaminen vaatteeseen. Photoshopin, Indesignin ja muiden ohjelmistojen avulla, suunnittelija pystyy suunnittelemaan painokuvan vastaamaan vaatteen kaavaa, jos kaava on saatavilla. Vietynä tämä ajatus pidemmälle, tulevaisuudessa voimme välttyä kankaan tulostamiselta koko leveydellä ja sen sijaan mustetta tulostetaan vain tarvituille alueille. Tällainen tekniikka tukee ekologista trendiä, joka vallitsee vaateusteollisuudessa.

Printeissä voidaan hyödyntää myös aineistona suoraan skannattuja objekteja, kuten paljetteja tai kankaan struktuuria, jota hyödynnetään kuvan rakentamisessa. Näin saadaan aikaan illuusio, että materiaali olisi jotakin muuta ja esimerkiksi paljetein koristeltu, vaikka todellisuudessa pinta on vain tulostettu.

Digitaalinen painotekniikka mahdollistaa tulevaisuudessa kuluttajalle kustomoitujen tuotteiden lisääntymisen, suunnittelijan suuremman vapauden sekä suunniteltujen kankaiden ja tuotteiden suuremman varioitavuuden. Digitaalinen painotekniikka on löytänyt vankan jalansijan vaateusteollisuudessa ja sen jatkuvaa kasvua ja teknologian kehittymistä pääsemme seuraamaan mielenkiinnolla.

LÄHTEET

Adobe Creative Suite, Väriprofiilien käyttäminen [viitattu 21.5.2017].

Saatavissa:

http://help.adobe.com/fi_FI/creativesuite/cs/using/WSBB0A8512-8151-408c-9F79-4A9E9E3BA84C.html

Alder technology. 2014. Piezzo electric print heads vs. thermal print heads. [viitattu 21.4.2017]. Saatavissa:

<http://www.aldertech.com/blog/piezolectric-print-heads-vs-thermal-print-heads/>

Bowles, M. & Isaac, C. 2012. Digital textile design. 2nd ed. London : Laurence King Publishing.

Eccless, S. 2016. What you should know about digital textile inks. FESPA. [viitattu 18.4.2017]. Saatavissa: <https://www.fespa.com/item/5467-what-you-should-know-about-digital-textile-inks.html>

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

Helminen, T. 2005. Polyesterikankaiden painaminen digitaalisesti mustesuihkumenetelmällä. Diplomityö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Kallinen, J 2006. Pikseli- ja vektorigrafiikan ominaisuudet ja erot. Virtuaali ammattikorkeakoulu. [viitattu 18.4.2017] Saatavissa:

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/0303010/1141990090210/1141990618267/1144671291341/1145960450048.html>

Manni, E. 2013. Tiedon visualisointi ja Adobe Illustrator: Illustratorin perusteet osa 1: Vektorit ja vektorointi. [viitattu 20.4.2017]. Saatavissa:

file:///Users/user1/Downloads/Reititin_illustrator_vektorit_osa1.pdf

MCAD INTRANET. 2017. Minneapolis college of art and design. [viitattu 20.4.2017]. Saatavissa: <https://intranet.mcad.edu/kb/should-i-work-rgb-or-cmyk-color-management-mcad>

Savastano, D. 2016. The rapid growth of the digital textile market. Inkworld magazine [viitattu 18.4.2017]. Saatavissa: http://www.inkworldmagazine.com/issues/2016-07-01/view_features/the-rapid-growth-of-the-digital-textile-market/

Seiko Epson corp. 2017. Epson corporate newsroom. [viitattu 20.4.2017] Saatavissa: http://global.epson.com/newsroom/2011/news_20110818.html

Textile world. 2018. Digital textile printing: Explosive growth continues. [viitattu 6.5.2018] Saatavissa: <http://www.textileworld.com/textile-world/features/2018/02/digital-textile-printing-explosive-growth-continues/>

Toivanen, A. 2015. Värijärjestelmät. Graafinen - Tietopankki graafikoille – Graafinen suunnittelu, typografia, kuvitus, mainonta ja luovuus. [19.4.2017]. Saatavissa: <http://www.graafinen.com/suunnittelu/varit/varijarjestelmat/>

Tyler, D. 2005. Textile Progress – Textile Digital Printing technologies, vol 37, No4. Cambridge: Woodhead.

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

LIITTEET

LIITE 1. SYVÄTTY PAINOKUVA KOKONAISUUDESSAAN



LIITE 2. VALMIS TULOSTUSAINEISTO SAUMANVAROILLA

