



# **Painokoneen PMS- väriyökalujen yhtenäistäminen ja tehostaminen**

Karoliina Nikkari

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2021

Biotuote- ja prosessitekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Biotuote- ja prosessitekniikka

NIKKARI, KAROLIINA:

Painokoneen PMS-väriyökalujen yhtenäistäminen ja tehostaminen

Opinnäytetyö 58 sivua, joista liitteitä 8 sivua  
Toukokuu 2021

---

Opinnäytetyö tehtiin Amerplast Oy:n pakkaustehtaalle. Työn tarkoituksena oli yhtenäistää ja tehostaa painoprosessia vähentämällä käytössä olevia anilox-teloja. Tavoitteena oli löytää ja valita koeajojen ja mittausten avulla sellainen anilox-tela, jolla voitaisiin korvata ainakin kaksi tuotantokäytössä olevaa anilox-telaa. Lisäksi painonäytteiden perusteella määritettiin paras laatan ja anilox-telan yhdistelmä, jolla saavutettiin määritetyt visuaaliset ja objektiiviset laatutavoitteet.

Koeajoissa käytettiin vyöhyketelaa sekä kahta tuotantokäytössä olevaa anilox-telaa vertailuteloina. Koeajoista saatujen painonäytteiden laatua arvioitiin sekä visuaalisesti että objektiivisesti. Visuaalisesti tarkasteltiin painojäljen yleistä laatua erilaisten testikenttien avulla. Painojäljen yksityiskohtia, rasteripisteitä ja etenkin siltaantumista 50 %:n rasteripistekentissä tarkasteltiin mikroskoopilla. Objektiivisesti painonäytteistä määritettiin densiteettiä, pisteenkasvua, kontrastia ja vedosvastaavuutta.

Visuaalisessa vertailussa nähtiin selkeitä eroja painonäytteiden välillä esimerkiksi yksityiskohtien terävyydessä ja rasteripisteiden siltaantumisessa. Densitometriset mittaustulokset tukivat visuaalisen arvioinnin huomioita. Visuaalisen arvioinnin ja densitometrinen mittausten pohjalta tutkimuksessa päätettiin keskittyä vyöhyketelan kolmeen viimeiseen vyöhykkeeseen.

Työssä saatujen tulosten pohjalta pystyttiin valitsemaan tarkoitukseen sopiva anilox-tela, jonka avulla painoprosessia saadaan yhtenäistettyä ja tehostettua. Työn alussa asetettuihin vaatimuksiin vastasi parhaiten vyöhyketelan neljäs vyöhyke, jonka linjaluku on 275 l/cm. Parhaaksi laatan ja anilox-telan yhdistelmäksi valittiin tämän ja laadun arvioinnin perusteella Asahi AFP™-TOP -laatta ja 275 l/cm -anilox-tela.

Lisäksi opinnäytetyössä saatujen tulosten avulla on voitu kartoittaa jatkokehityskohteita, joiden avulla tuotantotehokkuus ja painatuslaatu kasvavat edelleen. Tulevaisuuden kehityskohteena voisivat olla koeajot, joissa selvitetäisiin valitun anilox-telan sopivuus korvaamaan myös kolmas anilox-tela.

---

Asiasanat: fleksopaino, anilox-tela, painatuslaatu

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Bioproduct and Process Engineering

NIKKARI, KAROLIINA:

Unification and Intensification of PMS-Colour Tools in The Printing Machine

Bachelor's thesis 58 pages, appendices 8 pages  
May 2021

---

This thesis was commissioned by Amerplast Oy. The purpose of the thesis was to unify and intensify the printing process by reducing the number of anilox rollers in use. The aim was to find and select an anilox roller that could replace at least two anilox rollers in production use through trial runs and measurements.

A banded anilox roller and two anilox rollers, that are in production use, were used in the trial runs. The quality of the print samples, obtained from the trial runs, was estimated both visually and objectively. Visually, the overall quality of the print was examined using various test fields. Details of the print, such as halftone dots and bridging in the 50 % halftone area, were examined under a microscope. Objectively, density, dot gain, contrast, and colour correspondence were determined from the print samples. In addition, the best plate/anilox roller combination was determined based on the print samples.

Clear differences between the print samples were seen in the visual comparison, for example in the sharpness of details and the bridging of the halftone dots. Densitometric measurements supported the observations made visually. Based on the visual estimation and densitometric measurements, it was decided to focus on the last three bands of the banded anilox roller.

Based on the results obtained in this thesis, it was possible to select a suitable anilox roll, which can be used to unify and intensify the printing process. Band number four, with the line count of 275 l/cm, of the banded anilox roller met best the requirements set at the beginning of the study. Based on this and the quality estimations, Asahi AFP™-TOP -plate and 275 l/cm -anilox roller was chosen as the best plate and anilox roller combination.

In addition, the results obtained in this thesis have made it possible to identify areas for further development, which will further increase production efficiency and print quality. Future developments could include trial runs to determine the suitability of the selected anilox roller to replace a third anilox roller as well.

---

Key words: flexo printing, anilox roller, print quality

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	AMERPLAST OY .....	7
3	FLEXOPAINO .....	8
4	ANILOX-TELAT .....	10
	4.1 Yleistä .....	10
	4.2 Anilox-telojen ominaisuudet .....	10
5	FLEKSOPAINOVÄRIT .....	13
	5.1 Yleistä .....	13
	5.2 Painovärien koostumus .....	13
	5.3 Värimuodostus ja värijärjestelmät .....	14
6	PAINOLAATAT .....	17
	6.1 Yleistä .....	17
	6.2 Painolaattojen valmistus .....	18
	6.3 Rasterointi .....	21
7	PAINOJÄLJEN LAATU .....	22
	7.1 Tarkkailuliuska .....	23
	7.2 Densiteetti .....	23
	7.3 CIELab .....	24
	7.4 Pisteenkasvu .....	25
	7.5 Painojäljen häiriöt .....	26
8	KOELAITTEISTO JA KOEAJO .....	28
	8.1 Painokone .....	28
	8.2 Anilox-telat .....	28
	8.3 Testipainolaatat .....	29
	8.4 Mittauslaitteisto .....	31
	8.5. Koeajot .....	32
9	SUORITETUT MITTAUKSET .....	33
	9.1 Visuaalinen arviointi .....	34
	9.2 Densiteetti .....	37
	9.3 Pisteenkasvu ja ominaiskäyrä .....	39
	9.4 Kontrasti .....	41
	9.5 Vedosvastaavuus .....	43
	9.6 Paras laatan ja anilox-telan yhdistelmä .....	44
10	YHTEENVETO .....	46
	LÄHTEET .....	47
	LIITTEET .....	50

Liite 1. Painonäytteiden densiteetit rasteripistekentissä.....	50
Liite 2. Painonäytteiden densiteetit kompaktipinnoilla.....	58

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli yhtenäistää ja tehostaa painoprosessia Amerplast Oy:n pakkaustehtaalla vähentämällä käytössä olevia anilox-teloja. Tavoitteena oli määrittää koeajojen perusteella anilox-tela, jolla voidaan korvata ainakin kaksi käytössä olevaa anilox-telaa. Tällöin vaihto aika painotöiden välissä saadaan minimoitua, sävyntoistokykyä parannettua ja tuotantotehokkuutta kasvatettua. Lisäksi tuli määrittää painonäytteiden perusteella paras laatan ja anilox-telan yhdistelmä, jolla saavutetaan visuaaliset ja objektiiviset laatutavoitteet.

Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta, työn suorituksesta, tulosten tarkastelusta ja pohdinnasta. Teoriaosuudessa käsitellään fleksopainon periaatetta, anilox-teloja, painolaattoja, fleksopainovärejä sekä painojäljen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi teoriaosuus sisältää lyhyen yrityskuvauksen.

Opinnäytetyön kokeellinen osio koostuu Amerplast Oy:n pakkaustehtaalla tehdyistä koeajoista ja niissä painettujen koepainonäytteiden arvioinnista. Painonäytteiden laatua arvioitiin visuaalisesti sekä objektiivisesti. Visuaalisesti tarkasteltiin painojäljen yleistä laatua ja yksityiskohtia sekä rasteripisteitä tutkittiin luupin ja mikroskoopin avulla. Objektiivista laatua määritettiin densiteetin, pisteenkasvun, kontrastin ja vedosvastaavuuden kautta. Lisäksi työn lopuksi käydään läpi mahdollisia lisätutkimuksia.

## 2 AMERPLAST OY

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Amerplast Oy ja työ toteutettiin Tampereen pakkaustehtaalla. Pakkaustehtaalla valmistetaan BRC-standardin mukaisesti kalvo- ja painotuotteita.

Amerplast Oy on joustomuovipakkausten valmistaja, jolla on toimintaa yhteensä neljässä tehtaassa. Suomessa tuotantoa on Tampereella kahdessa tehtaassa, kassi- ja pakkaustehtaassa, ja Puolassa Grodzisk Mazowieckissa ja Borki-Wyrkissa. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Tampereen tehtaiden yhteydessä. Vuonna 2019 yrityksen liikevaihto oli 34,1 miljoonaa euroa. (Amerplast Oy n.d.)

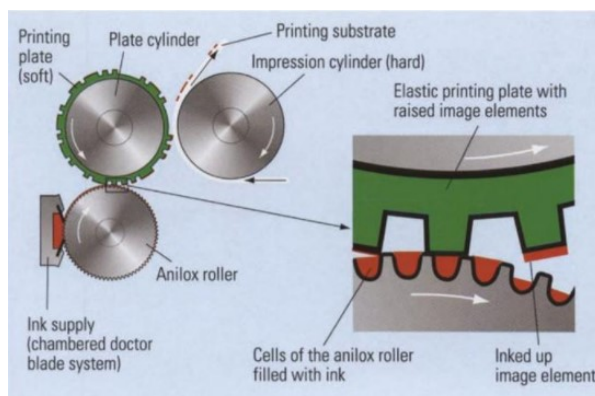
Amerplast Oy:n tuotteisiin kuuluvat korkealaatuiset kuluttajapakkaukset elintarvike-, hygienia- ja juomateollisuudelle sekä vähittäiskaupalle. Hygienia- ja elintarviketeollisuuden tuotteita valmistavat tehtaot Tampereella ja Puolassa ovat BRC-standardin (British Retail Consortium) mukaan sertifioituja eli ne täyttävät vaatimukset hygienian, elintarviketurvallisuuden, laatu järjestelmien ja HACCP-järjestelmän osalta. Yrityksen markkina-alueen ydin on Pohjoismaissa, Itäisessä Keski-Euroopassa ja Venäjällä. (Amerplast Oy n.d.)

### 3 FLEXOPAINO

Fleksopaino on kohopainomenetelmä, jossa painoaihe on kohokuviona, reliefinä, joustavasta materiaalista valmistetulla painolaatalla- tai levyllä. Fleksopainon etuna on mahdollisuus monien materiaalien painatukseen, yksinkertainen toimintaperiaate ja helposti kontrolloitavissa oleva värinsiirto. Toisaalta pehmeä laattamateriaali rajoittaa käytettävissä olevaa rasteritiheyttä ja yksityiskohtien toistoa. (Karhuketo, Seppälä, Törn & Viluksela 2004, 116–117)

Fleksopainomenetelmän avulla voidaan painaa niin paperia, aaltopahvia, erilaisia laminaatteja kuin muoviakin. Erityisen suosittu se on pakkaus- ja elintarviketeollisuudessa, joissa sitä käytetään aaltopahvi- ja joustomuovipakkausten painatukseen. (Karhuketo ym. 2004, 116–117)

Fleksopainon periaate on esitetty kuvassa 1. Matalaviskoottinen painoväri siirretään kammiokaavarin tai nostotelan avulla anilox-telalle, jonka pinta on täynnä pieniä rasterikuppeja. Ylimääräinen painoväri kaavitaan anilox-telan pinnasta, jolloin väriä jää ainoastaan rasterikuppeihin. Rasterikupeista painoväri siirtyy painolaatan koholla oleville pinnoille ja edelleen painonipissä painopinnalle kevyellä puristuksella. Nipin ulostulossa värikerros halkeaa, jolloin vain noin 50 % painolaatalla olleesta väristä siirtyy painetulle pinnalle. Jokaiselle värille on painokoneessa oma painolaitteensa, joten niitä voi olla jopa 12. (Karhuketo ym. 2004, 116–117; Izdebska 2016, 186–187; Hast ym. 2017, 185; Kijärvi 2020)



KUVA 1. Fleksopainon periaate kammiokaavarilla. (Kipphan 2001, 48)



Painolaadun kannalta painonipin puristuksen hallinta on erittäin oleellista. Liian alhainen nippipuristus aiheuttaa puutteellista värinsiirtoa sekä rasteripisteiden puuttumista. Liian suuri puristus voi johtaa pisteenkasvuun, painolevyn muodonmuutoksiin, halo-renkaaseen pisteiden ympärillä ja rasterisävyn muutoksiin. (Karhuketo ym. 2004, 116–117; Izdebska 2016, 186–187)

## 4 ANILOX-TELAT

### 4.1 Yleistä

Anilox-telan, jota kutsutaan usein myös rasteritelaksi, tehtävänä on sopivan värimäärän siirto painotelalle. Anilox-telat ovat teräksisiä tai alumiinisia sylintereitä, jotka on kromattu tai päällystetty joko keramiikalla tai hiilikuidulla. Keraamiset telat ovat yleisempiä pienemmän rasterikuppirakenteensa, kestävyytensä ja paremman värinsiirtonsa ansiosta. Anilox-telat korvataan usein anilox-holkeilla, jotka asennetaan koneeseen runkotelalle paineilman avulla. Erilaiset anilox-vaihtoehdot on esitetty kuvassa 2. (Izdebska 2016, 183; Hast ym. 2017, 186)



KUVA 2. Metallinen ja keraaminen anilox-tela sekä keraaminen anilox-holkki. (FLEXOconsultant n.d., muokattu)

Telojen paino vaihtelee kymmenestä muutamaa sataan kiloon telan rakenteesta ja koneen leveydestä riippuen. Koko telan pinta on täynnä rasterikuppeja, joiden koko vaihtelee kymmenestä useisiin kymmeneen mikrometreihin. Siirtyneen värin määrä riippuu telan parametreista sekä painovärin reologisista ominaisuuksista. Jokaiseen anilox-telaan on merkitty perusarvot, joista ilmenee linjatiheys (l/cm), pintatilavuus ( $\text{cm}^3/\text{m}^2$ ), rasterointityyppi sekä kaiverruskulma. (Karhuketo ym. 2004, 121–123; Izdebska 2016, 183; Kiijärvi 2020)

### 4.2 Anilox-telojen ominaisuudet

Linja- eli rasteritiheys kertoo rasteripisteiden määrän pituusyksikköä kohti. Anilox-telan rasteritiheyden tulisi olla 5–6-kertainen painolaatan rasteritiheyteen

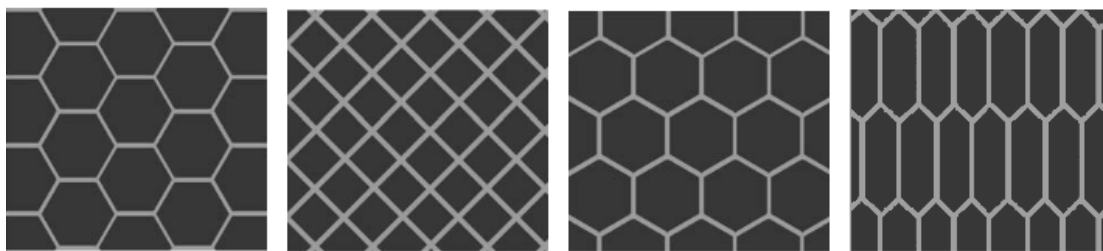
verrattuna, etteivät painolaatan pienet rasteripisteet uppoaisi telan rasterikuppeihin aiheuttaen pisteenkasvua ja painohäiriöitä. (Karhuketo ym. 2004, 121–122, Mattila 2021).

Teoriassa harvalla rasteritiheydellä päästään suureen kuppitilavuuteen ja siten korkeaan värinsiirtoon ja voimakkaaseen väriin. Kuitenkin painolaatan rasteritiheys on pidettävä alhaisena, jolloin yksityiskohtien toisto on heikkoa. Vastaavasti korkealla rasteritiheydellä voidaan käyttää korkeampaa painolaatan rasteria, jolloin yksityiskohtien toistokyky ja sävyntoisto paranevat. Värinsiirto jää kuitenkin alhaiseksi ja peittokyky heikoksi pienemmän kuppitilavuuden seurauksena. (Karhuketo ym. 2004, 121–122; Kijärvi 2020)

Anilox-telan pintatilavuus eli volyyymi on rasterikuppien yhteenlaskettu tilavuus pinta-alayksikköä kohti. Sen avulla voidaan arvioida rasterikupeista painolaatalle siirtyvää värimäärää, joka on käytännössä vain 40–60 %. Pintatilavuudet vaihtelevat välillä 0,95–13,5 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> painotalon ja -tuotteen mukaisesti. (Izdebska 2016, 183–184)

Värinsiirtoon vaikuttavat rasterikupin tilavuuden lisäksi sen muoto, syvyys-  
leveyssuhde, painoväriin ominaisuudet sekä anilox-telan että painolaatan  
pintaominaisuudet. Rasterikupit valmistetaan joko mekaanisesti tai lasertekniikan  
avulla ja niiden muoto vaihtelee menetelmän mukaisesti. Mekaanisesti  
kaivertamalla aikaansaadaan muun muassa pyramidi, kalotti ja ruuvirasteri.  
Nykyisellä lasertekniikalla mahdollistetaan lähes kaikenlaisten kaiverrusten  
tekeminen, hyvä kaiverrustarkkuus ja siten hyvä painojälki sekä värinsiirto.  
(Karhuketo ym. 2004, 121; Kijärvi 2020)

Myös rasterikulmalla eli rasterilinjan poikkeamalla koneen ajosuunnasta on suuri  
vaikutus painojälkeen. Yleisimmin käytetty rasterikulma on 60°, jolla saavutetaan  
myös hyvä tyhjentyminenaste. Olemassa on myös 30, 45, 75 ja 76 asteen  
kaiverruskulmia, joista kahden viimeisimmän käyttö on yleistymässä.  
Rasterikulmat on esitetty kuvassa 3. (Karhuketo ym. 2004, 123; Izdebska 2016,  
184; Kijärvi 2020)



KUVA 3. Vasemmalta oikealle 30, 40, 60 ja 75 asteen rasterikulmat. (Izdebska 2016, 184; Sandon Global 2020, muokattu)

Venytetyllä kuppirasterilla, jonka rasterikulma on 75–76°, on useita etuja verrattuna perinteiseen 60° -kuppirasteriin. Periaatteessa yhteen venytettyyn kuppirasteriin on yhdistetty kaksi ajosuuntaista 60°:n rasterikuppia, jolloin kupin tyhjentyvyys ja siten puhtaana pysyvyys, värinsiirto ja kestävyys paranevat. Värinsiirron paranemisen seurauksena aikaansaadaan tarvittavan värimäärän siirtyminen korkeammalla rasteritiheydellä ja täten tarkempi painojälki. Käyttöä rajoittaa se, ettei yhdenkään värin kulma saa olla +/- 7,5 astetta lähempänä anilox-telan kaiverruskulmaa, jotta vältetään painatusvirheitä. (Kiijärvi 2020)

## 5 FLEKSOPAINOVÄRIT

### 5.1 Yleistä

Fleksopainossa käytettävät värit ovat joko liuotinpohjaisia, vesipohjaisia tai UV-värejä. Painovärien viskositeetti on alhainen (10-200 mPa·s), mikä mahdollistaa hyvän värinsiirron painatuksessa. Toisaalta liian alhainen viskositeetti voi vähentää painojäljen peittävyyttä, aiheuttaa pisteenkasvua ja värin leviämistä. (Hakola 2009, 47)

Poikkeuksena matalaan viskositeettiin ovat UV-värit, joiden perustana ovat sideaineet, yleensä akrylaatit. Korkeampi viskositeetti ehkäisee värin leviämistä, mutta voi aiheuttaa painamattomia pisteitä väripinnoille. UV-värit on suunniteltu muuttamaan olomuotoaan nesteestä kiinteäksi alle 10 millisekunnin aikana ultraviolettisäteilylle altistamalla. (Hakola 2009, 47; Ström 2009, 250–251; Izdebska 2016, 189)

Liuotinpohjaiset painovärit sopivat erityisesti imemättömille materiaaleille, kuten muovikalvoille, niiden hyvän haihtuvuuden ja tarkan painolaadun ansiosta. Ne ovat kuitenkin sekä herkästi syttyviä että myrkyllisiä ja siksi vaativat jokaiseen painoyksikköön oman liuotinkaasuja imevän ilmastointilaitteistonsa. (Izdebska 2016, 190–191)

Vesipohjaisia painovärejä käytetään etenkin absorboiville materiaaleille, kuten paperille ja kartongille. Ne ovat ympäristöystävällisempiä, mutta painoprosessin hallittavuus ja painolaatu heikkenevät. (Izdebska 2016, 190)

### 5.2 Painovärien koostumus

Painovärit koostuvat pigmentistä (10–15 %), sideaineesta (10–15 %), liuottimesta (60–70 %) ja apuaineista (0,5–10 %). Pigmenttien tehtävänä on tuottaa painettavalle pinnalle haluttu väri ja niiden määrä vaihtelee sävyn voimakkuuden

mukaisesti. Ne ovat orgaanisia tai epäorgaanisia yhdisteitä, jotka dispergoidaan sideaineeseen ja liuottimeen. (Karhuketo ym. 2004, 131–132; Tuppurainen 2020)

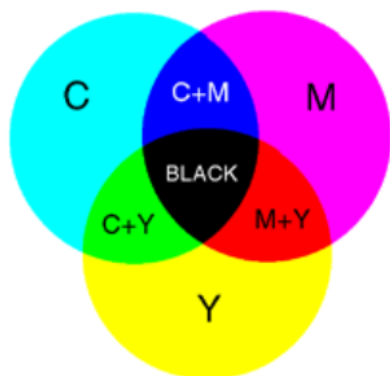
Sideaine puolestaan kiinnittää pigmentin painettavaan pintaan, vaikuttaa painoväriin kuivumiseen ja lisää sekä värin kestävyttä että kiiltoa. Sideaineen pitää kastella pigmenttipartikkelit kauttaaltaan painoväriä valmistaessa, jotta painettavuus pysyy hyvänä. Sideaine myös vapauttaa liuottimen väristä kuivumisvaiheessa. Yleensä sideaineet ovat alkaliliukoisia hartseja tai latekseja, mitkä valitaan käytettyjen liuottimien ja lopputuotteen vaatimusten mukaisesti. (Karhuketo ym. 2004, 132–133; Tuppurainen 2020)

Liuotin liuottaa sideaineen painoväriin ja toimii kantajana sideaineelle sekä pigmentille kuljettaen ne värilaitteesta painopinnalle ja painettavalle materiaalille. Liuottimien avulla säädetään värin viskositeettia ja kuivumisnopeutta. Liuotin valitaan painettavan materiaalin, sideaineiden, halutun värin ominaisuuksien, painolaattamateriaalin ja lopputuotteen vaatimusten mukaisesti. (Karhuketo ym. 2004, 133; Tuppurainen 2020)

Painoväreihin lisätään pieniä määriä apuaineita, joiden avulla vaikutetaan värin prosessiominaisuuksiin, kuten viskositeettiin, kuivumisnopeuteen, vaahtoamiseen ja hankauskestoon. Apuaineita ovat muun muassa dispergointiaineet, vaahdonestoaineet, vahat ja pehmittimet. (Karhuketo ym. 2004, 134; Tuppurainen 2020)

### **5.3 Värinmuodostus ja värijärjestelmät**

Painaessa värit muodostetaan subtraktiivisellä eli vähentävällä värinmuodostuksen periaatteella, missä painovärikerrokset suodattavat osan valon aallonpituuksista toisten heijastuessa. Värinmuodostuksen lähtökohtana on valkoinen pinta, jota peitetään painopigmenteillä, jotka toimivat suotimina (kuva 4). Jokainen väri vähentää vastakkaisvärinsä valon heijastusta valkoisesta pinnasta. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 25)



KUVA 4. Subtraktiivisen eli vähentävän värinmuodostuksen värisekoitukset. (Saarelma & Oittinen 2009, 293.)

Lähes kaikkien värillisten painotuotteiden valmistukseen käytetään neliväriprosessia. Prosessiväreinä käytetään syaania, magentaa, keltaista sekä mustaa, joita kutsutaan CMYK-väreiksi. Näitä värejä päällekkäin painamalla aikaansaadaan värikuva, joka koostuu rasteripisteistä. Rasteripisteiden kokoa ja tiheyttä muuttamalla voidaan säätää värin voimakkuutta. Jokaisen osaväriin määrä ilmoitetaan osaväriin tuottamiseen tarvittavien pisteprosenttien yhdistelmänä. (Karhuketo ym. 2004, 85; Viluksela ym. 2010, 25)

CMYK-värien lisäksi painotuotteissa käytetään usein spotti- eli lisätehostevärejä, jotta saavutetaan tietyt värisävyt. Alan standardiksi on muodostunut Pantonen kehittämä PMS (Pantone Matching System) -värijärjestelmä. Jokaisella Pantonevärillä on oma numeronsa värikartassa, mikä kuvaa mistä väristä on kyse. Värit valmistetaan sekoittamalla pigmenttipastoja. Pantone-värit voidaan tuottaa myös CMYK-väreillä, mutta värivastaavuuden aikaansaaminen on vaikeaa. Kuva 5 on esimerkki neljästä PMS-värisävyistä verrattuna CMYK-värisävyihin. Pantoneväreillä aikaansaadaan tasainen ja peittävä painopinta CMYK-värien rasterointiin verrattuna. (Viluksela ym. 2010, 26)



KUVA 5. PMS-värisävyjä verrattuna CMYK-värisävyihin. (Pantone n.d.)



## 6 PAINOLAATAT

### 6.1 Yleistä

Fleksopainossa käytetään nykyisin lähinnä fotopolymeerilaattoja, joilla saavutetaan korkealaatuinen painatustulos monilla eri materiaaleilla. Fotopolymeerilaatoilla on matalampi, mutta tasaisempi pintaenergia kuin aiemmin käytetyillä kumilaatoilla. Väriä siirtyy painolaatalle vähemmän, mutta värinsiirtyminen laatalta painoalustalle on tehokkaampaa. (Hakola 2009, 43–44)

Fleksopainossa käytettävien painolaattojen pinnan kovuus on 32–82 Shorea. Shore-arvo kertoo materiaalin kovuudesta. Mitä suurempi arvo on, sitä kovemmasta materiaalista on kyse. Pehmeät laatat mahdollistavat epätasaisten pintojen, kuten aaltopahvin, painatuksen, sillä ne siirtävät enemmän väriä. Painojäljen tarkkuus ja sävyntoistokyky kuitenkin kärsivät. Kovuudeltaan yli 60 Shorea olevia painolaattoja käytetään, kun tavoitellaan korkealaatuista painojälkeä. Kovempia laattoja käyttäessä väriä siirtyy vähemmän, pisteenkasvu vähenee ja kestävyys paranee, joten yksillä laatoilla voidaan painaa pitkäkin tuotantoajo. (Viluksela ym. 2010, 77; Izdebska 2016, 182)

Kuten kovuuskin, painolaatan paksuus valitaan painotuotteen mukaisesti. Laattojen paksuudet vaihtelevat välillä 0,76–6,35 mm. Ohuille, tasaisille materiaaleille käytetään ohuita laattoja. Paksuille, karheille materiaaleille puolestaan paksumpia. Esimerkiksi joustopakkausten painatukseen käytettävien painolaattojen paksuus on 1,14–1,7 mm ja aaltopahvin painatukseen käytettävien 3,17–6,35 mm. Nykyään ohuempien laattojen käyttö on yleistymässä. Ohuempien painolaattojen käytön suosimista puoltavat laatan pienemmät tuotantokustannukset, pienempi reliefisyvyys ja siten lyhyempi valmisaika sekä suurempi kovuus. (Izdebska 2016, 182–183)

Painolaatat kiinnitetään painotelalle tai -holkille joustavalla kaksipuoleisella kiinnitysteipillä. Kaarevalle pinnalle tasomaista painolaattaa kiinnittäessä laatta venyy, mikä on huomioitava prepress-vaiheessa pienentämällä painoaihetta. (Viluksela ym. 2010, 84)

Teipin paksuus vaihtelee painotuotteen mukaisesti, mutta yleensä se on 0,38–1,57 mm. Etikettien ja joustopakkausten painamiseen käytetään kuitenkin yleistä ohuempia kiinnitysteippejä, joiden paksuudet vaihtelevat välillä 0,15–0,55 mm. Paksuja teippejä käytetään kompensoimaan paksuuseroja painolaatan ja -telan välillä. Paksuuden lisäksi teippien kovuudet vaihtelevat. Kovaa teippiä käytetään laatoille, joissa on kompakteja pintoja ja tarkkoja viivoja. Pehmeä teippi puolestaan sopii laatoille, joissa rasterisävyjen toisto on tärkeää. Laatoille, joissa on sekä rasteroituja että kompakteja pintoja, käytetään puolikovaa teippiä. Joustopakkausten painatuksessa yleisin teippityyppi on puolikova. (Izdebska 2016, 183)

## 6.2 Painolaattojen valmistus

Fotopolymeerilaattoja voidaan valmistaa joko perinteisesti valottamalla painoaihe laatalle negatiivifilmin lävitse UV-valon avulla tai CTP-tekniikalla laservalotuksella. Valmistustavan mukaisesti käytettävät painolaatatkin voidaan jakaa perinteisiin ja CTP-laattoihin, joiden rakenteet on esitetty kuvassa 6. (Karhuketo ym. 2004, 117–118)

Suojakalvo	Suojakalvo	Suojakalvo
Fotopolymeeri	Fotopolymeeri	Musta maski
	Mitanpitävä folio	Fotopolymeeri
	Runkokerros	
Taustakalvo	Taustakalvo	Taustakalvo

KUVA 6. Perinteisen yksikerros- ja monikerroslaatan sekä CTP-laatan rakenteet.

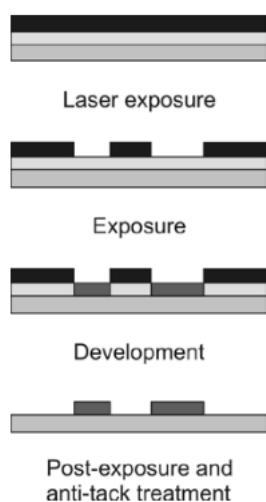
Perinteisesti valmistettavien yksikerroslaattojen alapuolet taustavalotetaan UV-valolla, joka kovettaa laatan haluttuun reliefisyvyyteen saakka. Monikerroslaatoille taustavalotus on tarpeeton. Päävalotuksessa laatalle valotetaan painoaihe negatiivifilmin lävitse, jolloin valottuneet alueet kovettuvat muodostaen painavan pinnan. Valottumattomat, pehmeät laatanosat poistetaan liuotinprosessissa pesuliuottimen ja harjojen avulla. Pesun jälkeen laatta kuivataan kuumalla ilmalla, jolloin myös laattaan imeytynyt liuotin haihtuu. Liuotinvapaassa prosessissa pehmeät laatanosat kerätään kuitukankaaseen

eikä kuivausta tarvita. Laatta karkaistaan kuivauksen jälkeen joko karkaisuliuoksessa tai UVC-säteilyn avulla tahmeuden poistamiseksi. Lopuksi valmis laatta jälkivalotetaan UVA-säteilyllä, jolla varmistetaan painavan pinnan lisäkovetus painoskestävyyden saamiseksi. (Karhuketo ym. 2004, 118–119, Izdebska 2016, 180, Mattila 2020)

CTP-tekniikalla (Computer to Plate) painolaatat voidaan valmistaa suoraan digitaalisesta aineistosta. Painoaihe voidaan tehdä laserkaiverruksella, infrapuna-alueella toimivan termolaserin avulla tai laservalotuksella. (Karhuketo ym. 2004, 119)

Laserkaiverruksessa fotopolymeeripintaan osunut lasersäde aiheuttaa ablaation, jossa valottunut materiaali haihtuu eikä kehitystä tarvita. Infrapuna-alueella toimivan termolaserin avulla valotetaan vastaavan herkkyuden omaavaa fotopolymeerilevyä, jolloin valotetut alueet polymeroituvat, jonka jälkeen laatta kehitetään. (Karhuketo ym. 2004, 119)

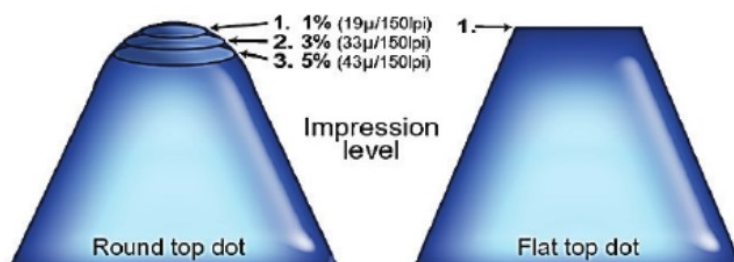
Laservalotus perustuu monikerrospainolaattaan, jonka fotopolymeerikerros on peitetty mustalla maskikerroksella (Laser Ablation Mask). Painava pinta aukotetaan laserilla, jolloin valottuneet alueet muuttuvat kirkkaiksi. Jäljelle jäänyt musta maski toimii negatiivifilmin tavoin, kun laatta valotetaan UV-valolla. Laatta prosessoidaan loppuun perinteisen laatan tavoin. CTP-laatan valmistamisen periaate on esitetty kuvassa 7. (Karhuketo ym. 2004, 119; Hakola 2009, 44; Izdebska 2016, 180)



KUVA 7. CTP-laatan valmistusperiaate. (Hakola 2009, 44)

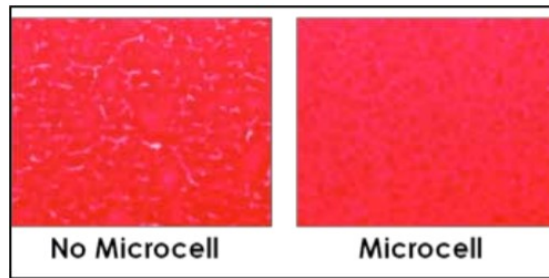
Digitaalisella laatanvalmistuksella on useita etuja. Sen avulla laatan valmistuksen kustannukset, aika ja ympäristöhyödyt on saatu optimoitua sekä laattojen laatu, kohdistustarkkuus ja sävyntoisto paremmaksi. Lisäksi digitaalinen tiedonsiirto on nopeaa ja joustavaa. (Viluksela ym. 2010, 79)

Juuri digitaalinen CTP-tekniikka on mahdollistanut painolaatoissa olevien rasteripisteiden rakenteen kehityksen pyöreähuippuisista pisteistä tasahuippuisiin pisteisiin, kuten kuvasta 8 nähdään. Perinteisesti hapen pääsy ja reagointi polymeerin kanssa prosessin UV-altistuksen aikana on aiheuttanut pisteen reunojen pyörityksen. Pyöreähuippuiset (Round Top Dot, RTD) pisteet aiheuttavat pisteenkasvua, juovia, sävyntoistokyvyn heikkenemistä sekä lyhentävät laatan käyttöikä. Tasahuippuisen (Flat Top Dot, FTD) pisteen valmistuksessa estetään hapen pääsy prosessiin. Yleisin tapa on joko laminoida ohut kalvo laatan pintaan ennen UV-valolle altistamista tai altistaa laatta UV-valolle hapettomassa ympäristössä. FTD:n etuja ovat sekä sävyntoistokyvyn että painatuslaadun paraneminen ja pisteenkasvun väheneminen. (Gotsick & Cook 2012; Valdec, Miljković & Čerepinko 2018, 596)



KUVA 8. RTD ja FTD tyyppiset pisteet ja puristuksen vaikutus pisteenkasvuun. (Valdec ym. 2018, 596)

Lisäksi laatoille voidaan tehdä erilaisia pintakäsittelyjä, joiden avulla parannetaan kompaktipintojen densiteettiä ja värin tasaisuutta. Esimerkiksi microcell-rakenteessa rasteripisteiden sisällä on pienet reiät, jotka parantavat värinsiirtoa. Microcell-rakennetta käytetään usein valkoisten kompaktipintojen painamiseen, koska sen avulla saadaan peittävämpi pinta vähemmällä värillä. Microcell-rakenteen vaikutus kompaktipintaan on esitetty kuvassa 9. (Gotsick & Cook 2012; Klein n.d.)



KUVA 9. Kompaktipinnan erot microcell-rakenteella ja ilman sitä. (Gotsick & Cook 2012)

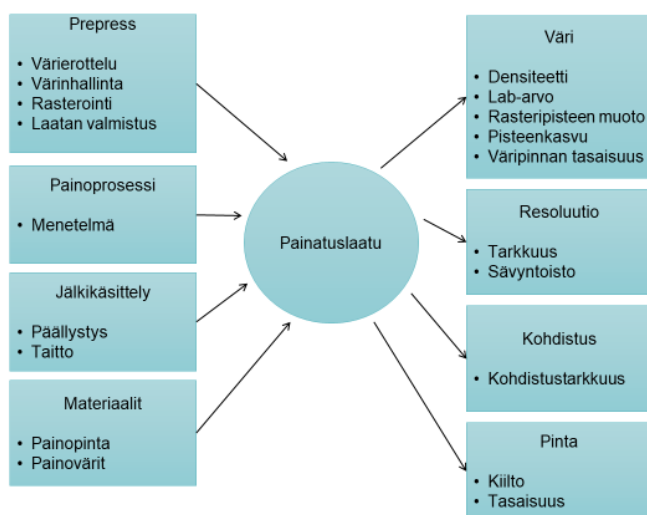
### 6.3 Rasterointi

Fleksopainossa kuvan eri sävyjä ja tummuusasteita ei voida toistaa sellaisenaan. Sävyt toistetaankin rasteroimalla eli sävy muodostuu rasteripisteistä ja niiden väliin jäävistä painamattomista alueista. Tarkoituksena on, ettei valmiista painotuotteesta erota rasteripisteitä normaalilta katseluetäisyydeltä. Rasteripisteiden linjatiheys (l/cm) kuvaa rasteripisteiden etäisyyttä toisistaan. Rasteroidun kuvapinnan peittoastetta kutsutaan rasteripisteprosentiksi, sillä se kertoo, kuinka monta prosenttia kuvapinnasta on peitetty rasteripisteillä. Kompaktipinnaksi kutsutaan kokonaan peitteistä, 100 %:n rasterisävyä. (Karhuketo ym. 2004, 83–84, Viluksela ym. 2010, 21)

Rasteroinnissa on käytössä kaksi rasterityyppiä, perinteinen ja stokastinen. Perinteisessä eli amplitudimoduloidussa rasteroinnissa rasteripisteen koko kasvaa tiheyden pysyessä vakiona. Vaaleissa sävyissä rasteripisteet ovat siis pienempiä kuin tummissa sävyissä. Stokastisessa eli taajuusmoduloidussa rasteroinnissa rasteripisteen koko pysyy samana, mutta määrä pinta-alalla vaihtelee. Vaaleissa sävyissä on siis vähemmän rasteripisteitä kuin tummissa. (Karhuketo ym. 2004, 83–84, Viluksela ym. 2010, 21–22)

## 7 PAINOJÄLJEN LAATU

Painojäljen kokonaislaatu koostuu useista tekijöistä, kuten prepressissä tehdyistä esivalmisteluista, käytetystä painomenetelmästä ja -koneesta, painettavasta materiaalista, painoväreistä sekä loppukäsittelystä. Yleisesti laadun voidaan todeta riippuvan tuotteen käyttötarkoituksesta sekä hyväksytyistä tuotantokustannuksista. Esimerkiksi pakkauksilta edellytetään hyvän painojäljen lisäksi kestävyysominaisuuksia ja elintarvikekelpoisuutta. Kuviossa 1 on esitelty joitakin painatuksen laatuun vaikuttavia tekijöitä ja määrittäjiä. (Kipphan 2001, 99; Viluksela ym. 2010, 147–148)



KUVIO 1. Joitakin painolaatuun vaikuttavia tekijöitä ja laadun määritteitä.

Painojäljen laatua voidaan arvioida sekä objektiivisesti, mitattavissa olevien ominaisuuksien mukaisesti, että subjektiivisesti eli visuaalisesti. Objektiivisesti laatua arvioimalla laadulle voidaan asettaa tavoitearvoja ja tuotantoprosesseja voidaan vakioida. Laatuominaisuuksien mittaamiseen voidaan käyttää densitometriä, spektrofotometriä ja tarkkailuluskoja. Densitometrillä mitataan painojäljen tummuutta suhteessa painettavan materiaalin tummuuteen. Spektrofotometrillä mitataan painojäljestä heijastuvan näkyvän valon aallonpituusalue, jonka mittaustieto esitetään lukuarvona CIELab-järjestelmässä. Tarkkailuluskoissa on värin- ja sävyntoiston mittaukseen sopivat kompakti- ja rasteripinnat sekä yksityiskohtien toiston arviointiin sopiva kuvio. (Karhuketo ym. 2004, 151; Viluksela ym. 2010, 148)

Subjektiiivinen arviointi perustuu usein vertailuun, jossa painojälkeä verrataan hyväksytyyn painovedokseen. Sitä käytetään usein värien vertailuun sekä arvioidessa yleistä painojälkeä, sävyntoisten tasaisuutta ja painohäiriöitä. Luupin avulla voidaan tarkastella tarkemmin myös yksityiskohtien toistoa sekä kohdistustarkkuutta. Subjektiiivinen arviointi pitäisi aina suorittaa standardivalaistuksessa, sillä valaistus vaikuttaa merkittävästi värihavaintoon. (Karhuketo ym. 2004, 151; Viluksela ym. 2010, 148)

## 7.1 Tarkkailuliuska

Tarkkailuliuska koostuu useasta osasta, joiden avulla voidaan tehdä tarvittavia mittauksia. Yksityiskohtien toistoa voidaan arvioida siihen sopivasta kuviosta. Kompakti- ja rasteripinnoista voidaan puolestaan arvioida värinannon tasaisuutta, värin- ja sävyntoistokykyä sekä mitata densiteettiä. (Karhuketo ym. 2004, 151)

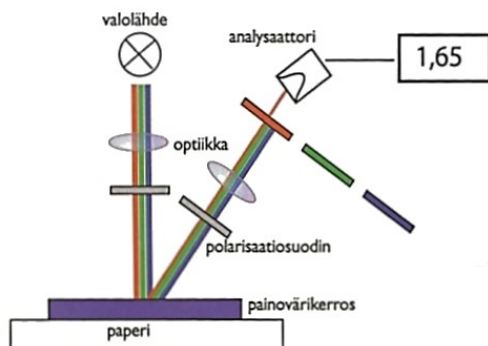
## 7.2 Densiteetti

Densiteetti on useimmiten käytetty painojäljen tummuuden mitta. Se on suhteellinen arvo, josta johtuen eri aikaan, eri paikoissa ja eri laitteilla mitattuja densiteettejä ei voida suoraan vertailla keskenään. Densiteetti voidaan laskea kaavalla 1. (Saarelma & Oittinen 2009, 240)

$$D = -\log\left(\frac{I_{mitattu}}{I_0}\right) \quad (1)$$

jossa  $I_{mitattu}$  on painopinnasta heijastuvan valon intensiteetti ja  $I_0$  on painopintaan tulevan valon intensiteetti. Densiteetti kertoo siis painojäljen painovärikerroksen paksuudesta sekä sen kyvystä absorboida ja heijastaa valoa. Värikerroksen paksuuden kasvaessa valon heijastuminen mitattavasta pinnasta vähenee ja densiteetti-arvo kasvaa. (Saarelma & Oittinen 2009, 240; Viluksela ym. 2010, 148–149)

Densiteetti mitataan densitometrillä, jonka toimintaperiaate on esitetty kuvassa 10. Standardoidusta valonlähteestä tuleva valo ohjataan optiikan kautta mitattavalle pinnalle, josta heijastuvan valon määrä analysoidaan valodiodilla. Mitattava valonsäde johdetaan värisuotimien läpi, joiden avulla voidaan määrittää eri osavärien tummuudet. Värisuotimet ovat vastavärisiä mitattavan värin kanssa, joten syyaanin tummuutta mitataan punaisen suotimen, magentan tummuutta vihreän suotimen ja keltaisen tummuutta sinisen suotimen läpi. Yleensä densiteettiarvot vaihtelevat välillä 0–3 painomenetelmän, painovärin ja painettavan pinnan mukaisesti. Fleksopainossa kompaktipinnan densiteetti on yleensä n.1,2–1,3. (Viluksela ym. 2010, 148–149)



KUVA 10. Densitometrin toimintaperiaate, kun mitataan syyaanin värin densiteettiä. (Viluksela ym. 2010, 148, muokattu)

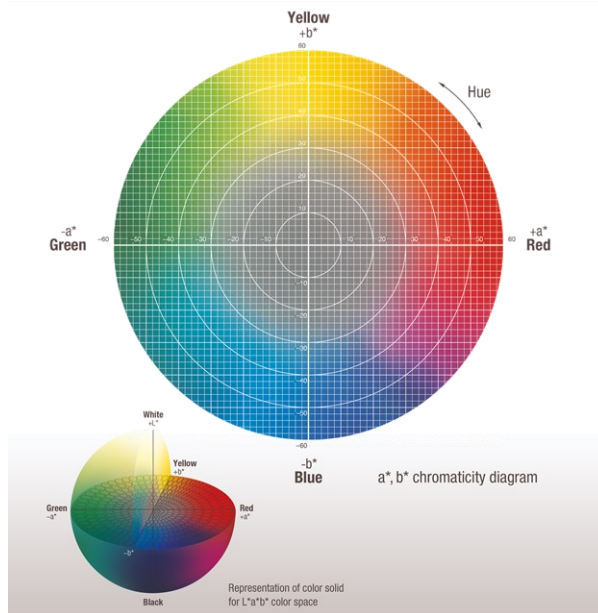
### 7.3 CIELab

Spektrofotometrisellä mittauksella määritetään painojäljen väri valaisemalla mittauspiste standardivalonlähteen tuottamalla valolla ja analysoimalla pinnasta heijastuvan valon aallonpituusjakaumaa. Tuloksista saadaan laskemalla erilaisia visuaalisia komponentteja, jotka ilmaisevat väriä. Väri ilmoitetaan CIELab-värijärjestelmän L-, a- ja b-arvoilla, jotka kertovat värisävystä, kylläisyydestä sekä vaaleudesta. Väriarvot esitetään tyypillisesti graafisesti Lab-koordinaatistossa, jossa voidaan havainnollistaa saavutettua värin toistoavaruutta ja vertailla eri laitteita tai materiaaleja toisiinsa. (Viluksela ym. 2010, 149–150)

CIELab-väriavaruus on esitetty kuvassa 11. L\*-akseli kuvaa värin vaaleutta, a\*-akseli punaisuutta (+) tai vihreyttä (-) ja b\*-akseli keltaisuutta (+) tai sinisyyttä (-).



L\*-akselin maksimiarvo 100 on valkoinen ja vastaavasti minimiarvo numero 0 musta. A\*- ja b\*-akseleilla ei ole numeerisia rajoitteita. (Puukko & Niemi 2009, 322)



KUVA 11. CIE Lab väriavaruus. (Konica Minolta n.d.)

Kokonaisväriero  $\Delta E$  kuvaa kahden väriavaruudessa olevan värin välimatkaa, esimerkiksi tavoitevärin ja mitatun eroa. Se voidaan laskea kaavalla 2

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}, \quad (2)$$

jossa  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ja  $\Delta b^*$  ovat tavoitevärin ja mitatun L-, a- ja b-arvojen erotukset. Yleensä väriero ei ole merkittävä, jos arvo on alle kolme. (Viluksela ym. 2010, 152)

## 7.4 Pisteenkasvu

Pisteenkasvu kuvaa rasteripisteen kasvua painatuksessa. Kasvua tapahtuu niin optisten kuin mekaanistenkin syiden takia, jolloin rasteripiste leviää painettavalla pinnalla. Merkittävintä pisteenkasvu on keskisävyissä ja tiheillä rastereilla. Lisäksi kasvuun vaikuttavat painokone, painoväri, painonipin puristus ja painolaatta. (Karhuketo ym. 2004, 85)

Pisteenkasvu vaikuttaa merkittävästi rasterisävyjen toistumiseen painojäljessä. Jotta voitaisiin välttää pisteenkasvun aiheuttama tummuman kasvu, on kuvankäsittelyssä kevennettävä kuvan sävyntoistoa pisteenkasvua vastaavalla määrällä. Tämän takia on sekä tunnettava pisteenkasvun suuruus kullakin materiaalilla ja painokoneella että hallittava painoprosessi niin, että pisteenkasvu pysyy muuttumattomana. (Karhuketo ym. 2004, 85; Viluksela ym. 2010, 24)

Lisäksi pisteenkasvu vaikuttaa merkittävästi kontrastiin etenkin tummanpään sävyissä, jolloin pisteenkasvun nousu aiheuttaa kontrastin laskua. Yleensä kontrasti mitataan kompaktipinnasta ja 75 %:n rasteripinnasta. Suhteellinen kontrasti prosentteina  $K_s(\%)$  voidaan laskea kaavalla 3

$$K_s(\%) = \frac{D_{100\%} - D_p}{D_{100\%}} \cdot 100\% , \quad (3)$$

jossa  $D_{100\%}$  on kompaktipinnan densiteetti ja  $D_p$  on rasteripinnan densiteetti. (Saarelma & Oittinen 2009, 250)

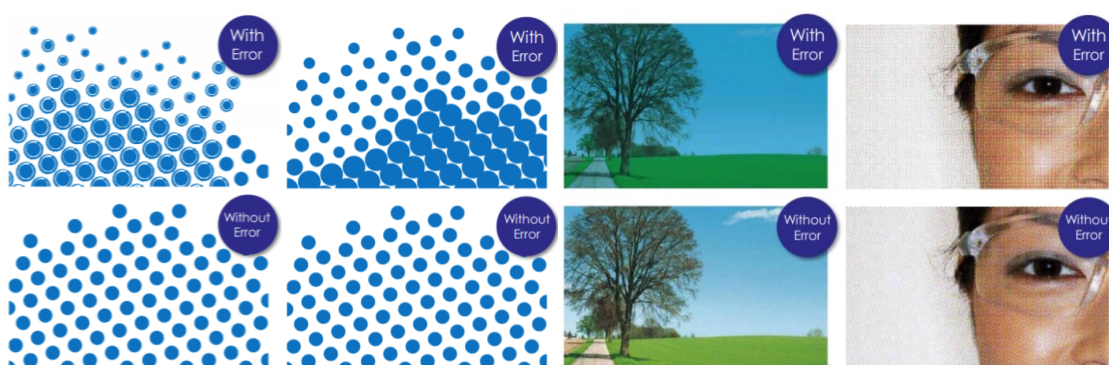
## 7.5 Painojäljen häiriöt

Fleksopainon häiriöt liittyvät tyypillisesti pehmeän painolevyn ja painonipin puristuksen yhteisvaikutuksiin. Lisäksi pehmeä painolaatta asettaa rajoituksia rasterintiheydelle, jolloin sävyn- ja yksityiskohtien toisto heikkenee. (Karhuketo ym. 2004, 126–127)

Kuvassa 12 on kuvattu fleksopainolle tyypillisiä ongelmia. Liian korkea nippipaine aiheuttaa fleksopainolle yleisen ongelman, ns. flekso-reunan, eli painoväriin pakenemisen pisteen reunoille. Lisäksi korkea nippipaine voi vahingoittaa tai taivuttaa pieniä painoaiheita, kuten vaalean pään rasteripisteitä ja ohuita linjoja, jolloin sävyntoisto heikkenee. Tummanpään sävyntoistossa esiintyy myös häiriöitä liian korkean nippipaineen vaikutuksesta, jolloin pisteenkasvu sekä rasterirakenteen tukkoisuus kasvavat. Liian alhainen nippipaine puolestaan heikentää vaaleiden sävyjen toistoa entisestään. Suurten kompaktipintojen ja

vaaleiden sävykuvien esiintyminen samalla painolaatalla onkin erittäin ongelmallista. (Karhuketo ym. 2004, 126–127)

Prosessivärien päällekkäin painaminen voi aikaansaada epätoivotun läikekuvion, moirén. Sen ehkäisemiseksi on valittava sopivat rasterikulmat eri osaväreille. Esimerkiksi anilox-telan rasterikulman ollessa  $45^\circ$ , painolaattojen kulmitus voi olla syaanille  $7,5^\circ$ , magentalle  $67,5^\circ$ , keltaiselle  $82,5^\circ$  ja mustalle  $82,5^\circ$ . (Karhuketo ym. 2004, 123)

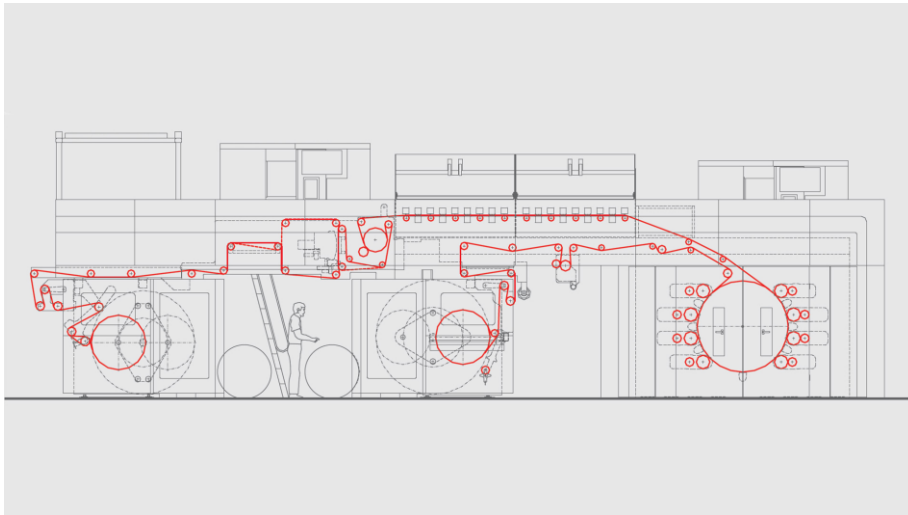


KUVA 12. Painojäljessä esiintyviä häiriöitä, vasemmalta oikealle flekso-reuna, pisteenkasvu, sävyntoiston ongelma ja moiré. (Sandon Global 2020, muokattu)

## 8 KOELAITTEISTO JA KOEAJO

### 8.1 Painokone

Bobst 20SIX CS on Bobst Bielefeld GmbH:n valmistama kymmenvärinen fleksopainokone. Se on keskussylinterikone eli painoyksiköt ovat yhteisen keskussylinterin ympärillä. Lisäksi painokone on varustettu smartGPS ajonvaihtoteknologialla, joka vähentää niin vaihtoajan kuin -hilynkin määrää. Tämä perustuu siihen, että kaikki kohdistus- ja painojälkeen liittyvä valmistelu tehdään jo laatan asemoinnissa eikä vasta painokoneella. SmartGPS:sän avulla ajonvaihto onkin saatu automatisoitua lähes kokonaan, joten esimerkiksi koneenkäyttäjistä aiheutuvat erot painolaadussa on minimoitu. (Bobst n.d.) Kuvassa 13 on esitetty vastaavanlaisen painokoneen rakennekuva.

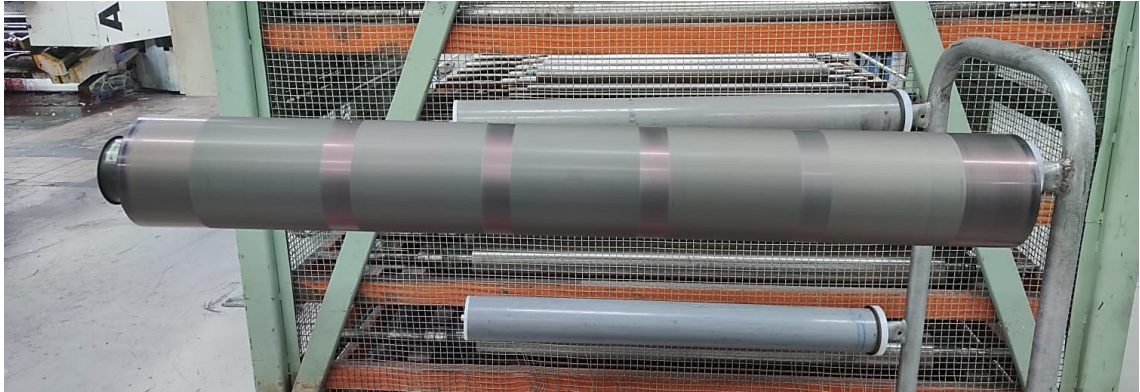


KUVA 13. Vastaavanlaisen fleksopainokoneen rakenne. (Bobst n.d.)

### 8.2 Anilox-telat

Koeajoja varten tilattiin Sandon Globalin laserkaiverruksella valmistama vyöhyketela, johon valittiin viisi erilaista rasterointia. Valittujen rasterointien uskottiin teoriassa pystyvän korvaamaan ja yhdistämään vertailuteloina käytetyt anilox-telat yhdeksi. Vyöhyketela on esitetty kuvassa 14. Vyöhyketelan kokonaisleveys on 1530 mm ja yhden vyöhykkeen leveys 218 mm. Vyöhykkeiden

väliin on jätetty 50 mm kiiltävää aluetta, koska jokainen vyöhyke on kiillotettu erikseen lopulliseen tilavuuteensa.



KUVA 14. Sandon Globalin valmistama vyöhyketela.

Vyöhyketelan vyöhykkeiden rasterointien linjatiheyksiksi on ilmoitettu 200 l/cm, 222 l/cm, 250 l/cm, 275 l/cm ja 300 l/cm. Vastaavasti pintatilavuudet ovat 11 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, 9,8 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, 8,6 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, 7,2 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> ja 6,0 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Kaikkien rasterointien rasterikulmat ovat 76°.

Vertailukohteena vyöhyketelalle käytettiin kahta tuotantokäytössä olevaa anilox-telaa. Vertailutelojen linjatiheydet ovat 320 l/cm ja 220 l/cm, pintatilavuudet 5,8 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> ja 6,5 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> ja rasterikulmat 76°. Taulukkoon 1 on koottu vyöhyketelaan valitut rasteroinnit sekä verrokkiteloina käytettyjen anilox-telojen tiedot.

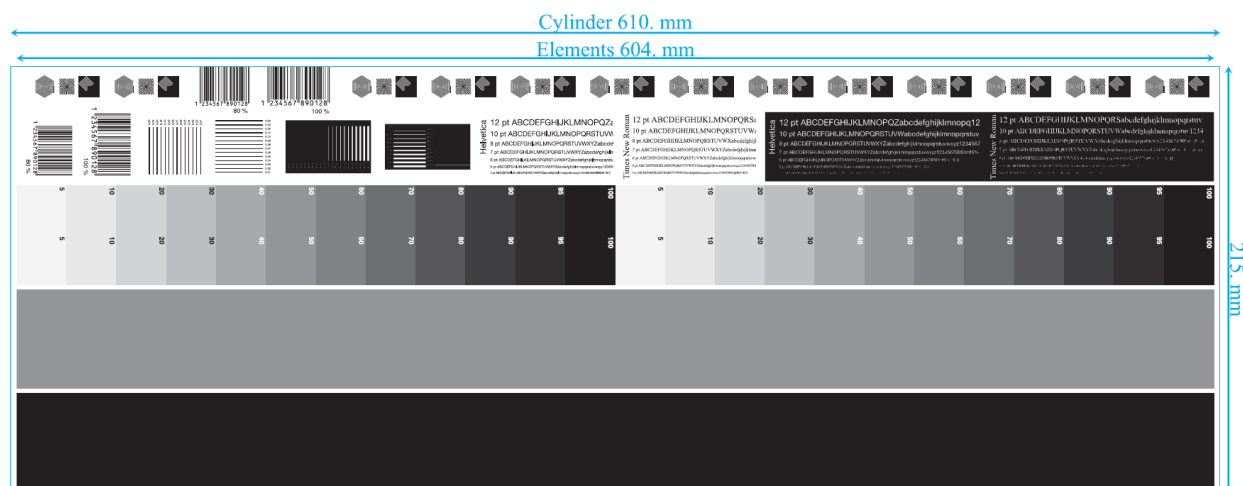
TAULUKKO 1. Vyöhyketelan vyöhykkeiden sekä vertailukohteena käytettyjen anilox-telojen tiedot.

		Vyöhyketela					Vertailutelat	
Linjaluku	l/cm	200	222	250	275	300	320	220
Pintatilavuus	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	11	9,8	8,6	7,2	6,0	5,8	6,5
Rasterikulma	°	76	76	76	76	76	76	76

### 8.3 Testipainolaatat

Koeajoissa käytettiin neljää erilaista laattaa, joista kolme tilattiin ulkopuolisilta palveluntarjoajilta ja yksi valmistettiin tehtaan repron omassa laatanvalmistusyksikössä. Marvaco Oy vastasi testipainolaatan suunnittelusta ja Flint nyloflex® ACE Digital ja ACE Digital Full HD -laattojen toimituksesta. Lahden

Graafinen toimitti Kodak NX -laatan ja Asahi AFP™-TOP valmistettiin tehtaalla. Kaikkien laattojen linjatiheys on 48 l/cm, mitä käytetään linjatiheytenä myös tuotannossa olevien painotöiden laatoissa. Yhden painovyöhykkeen leveys on 218 mm ja painoalue 604 mm. Laatat kiinnitettiin 610 mm kokoisille painoholkeille puolikovalla teipillä. Kuvassa 15 on esitetty yksi testipainolaatan vyöhykkeistä. Kodak NX, ACE ja ACE Full HD -laatoilla vyöhykkeitä on viisi ja TOP-laatalla kolme.



KUVA 15. Testipainolaatan yksi painovyöhyke. (Valkamo 2021)

Densiteetin, pisteenkasvun ja kontrastin määrittämiseksi testipainolaatoilla on perinteinen 5–100 % rasteripistekenttä sekä kompaktipinta ja 50 %:n rasterisävy. Perinteisessä rasteripistekentässä pisteiden koko kasvaa rasterisävyn mukana tiheyden pysyessä vakiona.

Testipainolaatoilla olevista positiivisista ja negatiivisista viiva-, teksti- ja numerokentistä voidaan tarkastella, kuinka pieniä painopintoja on mahdollista tehdä laatanvalmistuksessa ja toistaa painatuksessa. Pienet tekstit eivät pysy luettavina, jos väriä siirtyy liikaa eivätkä ohuet viivat suorina, jos nippipaine on liian suuri. Lisäksi laatoilla on erikseen puristuksen tarkkailuun tarkoitettut puristuskuviot, joita ovat viuhkamainen, kuusikulmainen ja nelikulmainen kuvio painoalueen reunoilla. Niiden avulla seurataan värinsiirtoa niin värinsiirtonipissä, anilox-telalta painolaatalle, kuin painonipissäkin, painolaatalla painettavalle materiaalille. Puristuskuvioiden tulisi pysyä mahdollisimman selkeinä.

Kodak NX on valmistettu digitaalisesti termolaserilla liuotinvapaassa prosessissa. Painolaatan paksuus on 1,14 mm, reliefin syvyys 0,5–0,6 mm ja kovuus 73–79 Shorea. Laatan eri painovyöhykkeet on optimoitu vyöhyketelan eri vyöhykkeille mikrotekstuurikuviointin avulla. Mikrotekstuurikuviointissa otetaan huomioon käytettävä anilox-tela, painettava materiaali, painoväri sekä kiinnitysteippi optimaalisen värinsiirron saavuttamiseksi. (Kodak Flexcel NX 2020; Kodak Flexcel NX Ultra 2020)

Flint nyloflex® ACE Digital ja ACE Full HD Digital ovat digitaalisesti laserilla valotettuja ja liuottimella pestyjä fotopolyymerilaattoja. Painolaattojen paksuus on 1,14 mm, reliefin syvyys 0,5–0,7 mm ja kovuus 78 Shorea. ACE Full HD -laatta on valmistettu kaksivaiheisella valotuksella, jonka ansiosta laatalle saadaan aikaan niin pyöreä- kuin tasahuippuisiakin pisteitä. Ensin laatan pinta valotetaan UV LED-valolla, jolloin pinta silloittuu nopeasti ja estää hapen vaikutuksen prosessissa. Toisessa vaiheessa laatta valotetaan normaalisti UV-valolla haluttuun reliefisyvyyteen saakka. Lisäksi kompaktipinnoilla on microcell-rakenne. (FlintGroup n.d.; Klein n.d)

Asahi AFP™-TOP on valmistettu laserilla valottamalla liuotinprosessissa. Laatan paksuus on 1,14 mm, reliefin syvyys 0,6 mm ja kovuus 77 Shorea. (Kallio 2021) Laatalta on muista laatoista eroten ainoastaan kolme painovyöhykettä, jotka valittiin aiempien laattojen koeajotuloksien perusteella.

#### **8.4 Mittauslaitteisto**

Densiteetin ja pisteenkasvun määrittämiseen painonäytteistä käytettiin X-Rite eXact -spektrofotometriä. Lisäksi rasteripisteitä ja painojälkeä tarkasteltiin yksityiskohtaisemmin laboratoriossa Nikon Eclipse E400 -tutkimusmikroskoopin avulla.

## 8.5. Koeajot

Koeajot suoritettiin tuotantotyyppisesti kahdessa osassa, joten ajonopeus, telojen paineet ja kohdistukset säädettiin ohjearvojen mukaisesti. Tällä pyrittiin saamaan mittaustuloksista mahdollisimman vertailukelpoisia todellisten painotöiden kanssa, jotta tuloksia voitaisiin hyödyntää jatkotoimenpiteitä tutkiessa. Lisäksi pyrittiin pienentämään koneenkäyttäjistä johtuvia eroja.

Koeajoissa käytettiin tehtaan omavalmisteista neutraaleista LDPE-muovikalvoa ja nelivärisarjan liuotinhenteistä syaania. Painoväriin lähtöviskositeetiksi mitattiin 21,5 s. Painonäytteet on ajettu nopeudella 300 m/min.

Ensimmäisessä koeajossa laattoina käytettiin ACEa, ACE Full HD:ta ja Kodak NX:ää ja anilox-teloina vyöhyketelaa ja vertailuteloja. Ensimmäisestä koeajosta saatiin 29 painonäytettä. Toisessa koeajossa päätettiin aiemman koeajon tulosten perusteella keskittyä vyöhyketelan kolmeen viimeiseen vyöhykkeeseen. Laattana toisessa koeajossa käytettiin TOPia, jolloin painonäytteitä saatiin kolme.



## 9 SUORITETUT MITTAUKSET

Koeajoissa saaduista painonäytteistä määritettiin painatuslaadun muutoksia visuaalisen arvioinnin, densiteetin, pisteenkasvun ja kontrastin avulla. Lisäksi parhaiden tulosten pohjalta laadittiin vedosvastaavuus. Koska painettavana materiaalina käytettiin läpinäkyvää muovikalvoa, tehtiin mittaukset valkoisen, keraamisen laatan päällä. Yhteensä painonäytteitä oli 32 ja ne on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Painonäytteet.

Painonäyte	Linjaluku l/cm	Laatta
1.	200	Kodak NX / 200
2.	222	Kodak NX / 222
3.	250	Kodak NX / 250
4.	275	Kodak NX / 275
5.	300	Kodak NX / 300
6.	200	ACE
7.	222	ACE
8.	250	ACE
9.	275	ACE
10.	300	ACE
11.	200	ACE Full HD
12.	222	ACE Full HD
13.	250	ACE Full HD
14.	275	ACE Full HD
15.	300	ACE Full HD
16.	320	Kodak NX / 200
17.	320	Kodak NX / 222
18.	320	Kodak NX / 250
19.	320	Kodak NX / 275
20.	320	Kodak NX / 300
21.	320	ACE
22.	320	Ace Full HD
23.	220	Kodak NX / 200
24.	220	Kodak NX / 222
25.	220	Kodak NX / 250
26.	220	Kodak NX / 275
27.	220	Kodak NX / 300
28.	220	ACE
29.	220	ACE Full HD
30.	250	TOP
31.	275	TOP
32.	300	TOP

## 9.1 Visuaalinen arviointi

Painojälkeä arvioitiin visuaalisesti eri testikenttien avulla. Värinannon tasaisuutta arvioitiin perinteisen rasteripistekentän sekä ison kompaktipinnan ja 50 %:n sävyypinnan avulla. Kuvassa 16 on kuvattuna perinteinen rasteripistekenttä.



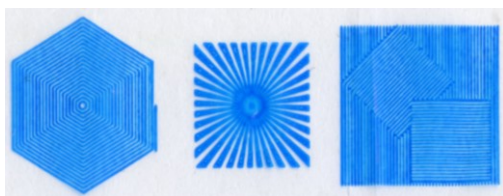
KUVA 16. Perinteinen rasteripistekenttä näytteessä 21.

Painonäytteiden kompaktipinnoissa nähtiin isoja eroja tummuuksissa, joten densiteettiarvojen uskottiin eroavan merkittävästi toisistaan. Lisäksi vertailuteloilla painetuissa painonäytteissä havaittiin eroja oikean ja vasemman reunan painatustuloksissa. Rasteripistekentissä havaittiin Kodak NX:llä ajetuissa painonäytteissä muista painonäytteistä poiketen häiriöitä ja tukkeentumista vaaleanpään sävyissä, mitä on esitetty kuvassa 17.



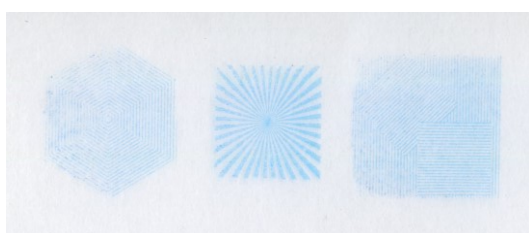
KUVA 17. Rasteripistekentän häiriöitä näytteessä 1.

Puristusta ja värinsiirron onnistumista tarkasteltiin puristuskuvioiden avulla. Lähes kaikissa painonäytteissä viuhkamainen kuvio alkoi tukkeutua keskeltä, vaikka muut kuviot pysyivätkin terävinä. Kuvasta 18 nähdään liikaa puristunut tarkkailukenttä näytteestä 2.



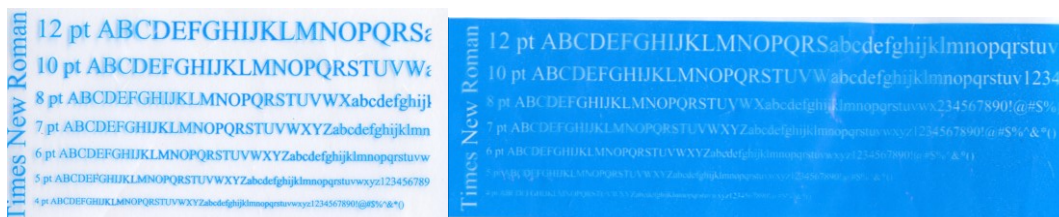
KUVA 18. Esimerkki levinneistä puristuskuvioista näytteestä 2.

Toisessa koeajossa painettujen näytteiden puristuskuviot eivät ole jäljentyneet kunnolla, kuten kuvasta 19 nähdään. Tämä on todennäköisesti johtunut nippipaineen epätasaisuudesta, joka on aiheutunut kapeasta ja painoholkilla toispuoleisesti kiinni olevasta painolaatasta.



KUVA 19. Näytteen 31 puristuskuviot.

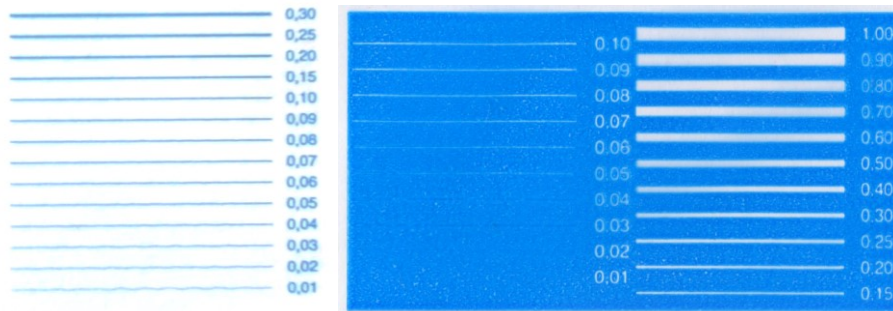
Painonäytteissä olevista positiivisista ja negatiivisista teksti- ja numerokentistä on nähtävissä painojäljen tarkkuutta, mitä on esitetty kuvassa 20. Positiivinen kenttä pysyi kaikissa painonäytteissä tarkkana ja pienifonttinenkin teksti lukukelpoisena. Negatiivisista kentistä näkyi positiivisia kenttiä paremmin painojäljen epätarkkuus ja värinsiirron epätasaisuus.



KUVA 20. Positiivinen ja negatiivinen teksti- ja numerokenttä näytteessä 8.

Painojäljen terävyyttä ja kykyä toistaa pieniä yksityiskohtia tarkasteltiin myös viivakentän avulla. Viivakentistä nähdään selkeästi, kuinka hyvin painokone pystyy toistamaan laatalla olleet ohuet viivat. Positiivisissa viivakentissä viivat jäljentyivät selkeästi, vaikka ohuimmissa viivoissa näkyikin nippipaineen aiheuttamaa käyritymistä. Negatiivisissa viivakentissä ohuimmat viivat eivät

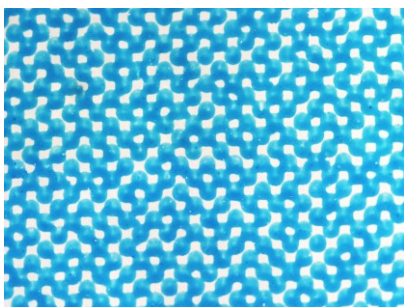
puolestaan jäljentyneet kunnolla yhdessäkään painonäytteessä. Kuvassa 21 on esitetty viivakentät painonäytteistä 9 ja 31.



KUVA 21. Painonäytteen 9 positiivinen viivakenttä ja näytteen 31 negatiivinen viivakenttä.

Painonäytteiden rasteripisteitä tarkasteltiin luupilla sekä tutkimusmikroskoopilla. Etenkin rasteripisteiden siltaantumista 50 %:n rasteripistekentässä tutkittiin tarkemmin, koska siitä nähdään ovatko laatan ja anilox-telan linjatiheydet sopivia toisilleen.

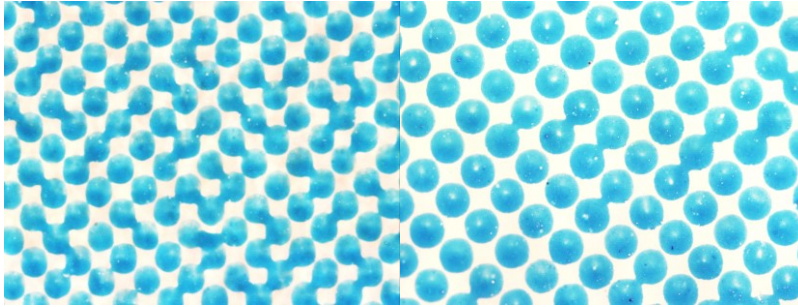
Siltaantuneisuutta esiintyi erittäin paljon kaikissa vyöhyketelan kahdella ensimmäisellä vyöhykkeellä painetuissa painonäytteissä, kuten kuvasta 22 nähdään. Syynä on todennäköisesti liian suuri värinsiirto, jolloin rasterikuppien välit täyttyvät värillä aiheuttaen siltaantumista.



KUVA 22. Siltaantuneet rasteripisteet näytteessä 6.

Vertailuteloilla ajetuissa painonäytteissä siltaantuminen on hyvin vähäistä, mikä osaltaan kertoo telojen vakionnista painoprosessissa. Niihin verrattessa paras tulos vyöhyketelalla saatiin molemmissa koeajoissa neljännellä vyöhykkeellä, jonka linjaluku on 275 l/cm. Parhaat tulokset saatiin käyttämällä laattana ACEa ja

TOPIa, joiden 50 %:n rasteripistekentistä otetut mikroskooppikuvat on esitetty kuvassa 23.



KUVA 23. 50 %:n rasteripistekenttä näytteissä 9 ja 31.

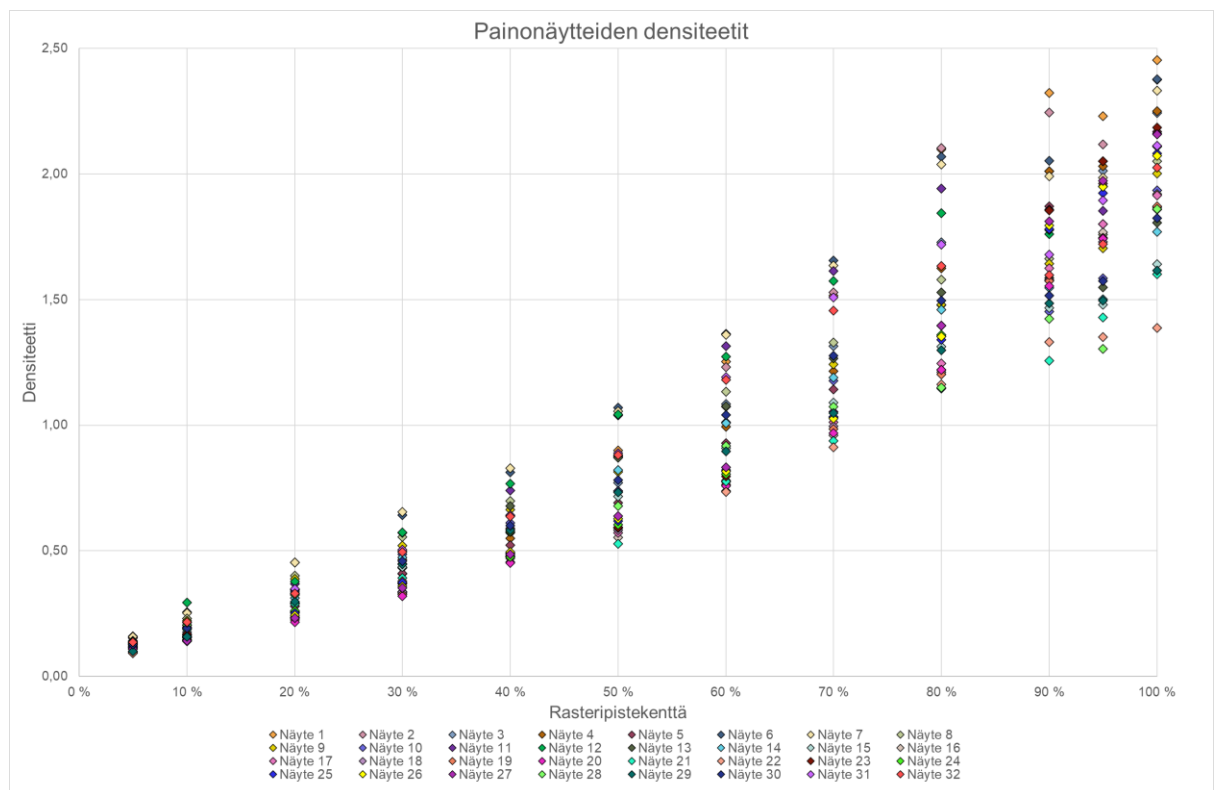
## 9.2 Densiteetti

Painonäytteistä mitattiin painojäljen tummuus eli densiteetti X-Rite eXact -spektrofotometrillä perinteisestä rasteripistekentästä sekä kompaktipinnasta. Teoriassa kompaktipinnalla ja 100 %:n rasteripistekentällä tulisi olla sama densiteetti, mutta mittauksissa huomattujen erojen johdosta pintojen densiteetit päätettiin käsitellä erikseen. Lisäksi huomioitiin, etteivät ensimmäisen ja toisen koeajon tulokset ole keskenään suoraan vertailukelpoisia, koska ne on painettu ja mitattu eri kerroilla. Koeajo- ja mittausolosuhteet ovat kuitenkin molemmilla mittauskerroilla olleet samanlaiset, joten merkittäviä eroja ei tuloksissa ole.

Mittauksen alkaessa spektrofotometri kalibroitiin määrittämällä nolla-arvoksi puhdas kalvo valkoisen laatan päällä. Painonäytteistä mitattiin aina kymmenen rinnakkaisarvoa, joista laskettiin densiteetin keskiarvo kullekin rasteripistekentälle sekä kompaktipinnalle. Saadut keskiarvot on esitetty taulukossa 3 ja esitelty kuviossa 2.

TAULUKKO 3. Koepainonäytteiden densiteettiarvot.

Painonäyte	Linjaluku l/cm	Laatta	Kompakti	Rasteripistekenttä											
				100 %	95 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %	20 %	10 %	5 %
1.	200	Kodak NX / 200	2,42	2,45	2,23	2,32	2,10	1,52	1,25	0,90	0,59	0,47	0,33	0,19	0,16
2.	222	Kodak NX / 222	2,39	2,37	2,12	2,25	2,10	1,53	1,23	0,88	0,59	0,43	0,35	0,19	0,15
3.	250	Kodak NX / 250	2,22	2,24	2,01	2,01	1,73	1,31	1,08	0,77	0,57	0,41	0,29	0,18	0,14
4.	275	Kodak NX / 275	2,18	2,25	2,03	2,01	1,62	1,22	0,99	0,74	0,55	0,43	0,28	0,16	0,12
5.	300	Kodak NX / 300	2,15	2,17	1,96	1,87	1,48	1,14	0,93	0,69	0,52	0,41	0,28	0,15	0,12
6.	200	ACE	2,25	2,38	2,05	2,05	2,07	1,66	1,36	1,07	0,81	0,64	0,45	0,26	0,16
7.	222	ACE	2,17	2,33	1,99	1,99	2,04	1,64	1,36	1,06	0,83	0,65	0,45	0,25	0,16
8.	250	ACE	1,86	2,05	1,76	1,66	1,58	1,33	1,13	0,88	0,70	0,56	0,40	0,23	0,14
9.	275	ACE	1,80	2,00	1,70	1,64	1,48	1,24	1,07	0,81	0,66	0,52	0,39	0,22	0,14
10.	300	ACE	1,60	1,93	1,58	1,45	1,36	1,18	1,01	0,74	0,61	0,49	0,35	0,20	0,13
11.	200	ACE Full HD	2,07	2,16	1,85	1,86	1,94	1,61	1,31	1,04	0,74	0,57	0,37	0,20	0,12
12.	222	ACE Full HD	2,11	2,11	1,80	1,76	1,84	1,57	1,27	1,04	0,77	0,57	0,38	0,29	0,12
13.	250	ACE Full HD	1,79	1,81	1,55	1,59	1,53	1,27	1,08	0,87	0,68	0,50	0,33	0,17	0,10
14.	275	ACE Full HD	1,73	1,77	1,50	1,55	1,46	1,19	1,01	0,82	0,64	0,47	0,31	0,17	0,10
15.	300	ACE Full HD	1,57	1,64	1,48	1,47	1,31	1,09	0,91	0,72	0,58	0,44	0,29	0,16	0,09
16.	320	Kodak NX / 200	1,86	1,92	1,77	1,58	1,21	0,96	0,74	0,55	0,47	0,33	0,23	0,16	0,13
17.	320	Kodak NX / 222	1,82	1,91	1,80	1,62	1,25	1,01	0,78	0,57	0,48	0,34	0,24	0,16	0,13
18.	320	Kodak NX / 250	1,81	1,87	1,73	1,58	1,22	1,00	0,77	0,58	0,48	0,34	0,23	0,15	0,12
19.	320	Kodak NX / 275	1,81	1,87	1,75	1,57	1,20	0,99	0,76	0,59	0,46	0,33	0,23	0,14	0,11
20.	320	Kodak NX / 300	1,78	1,86	1,74	1,55	1,22	0,97	0,76	0,59	0,45	0,32	0,22	0,14	0,11
21.	320	ACE	1,34	1,60	1,43	1,26	1,15	0,94	0,78	0,53	0,48	0,39	0,29	0,19	0,13
22.	320	Ace Full HD	1,33	1,39	1,35	1,33	1,16	0,91	0,74	0,59	0,49	0,38	0,26	0,14	0,09
23.	220	Kodak NX / 200	2,07	2,19	2,05	1,86	1,40	1,03	0,80	0,59	0,48	0,37	0,26	0,17	0,14
24.	220	Kodak NX / 222	2,01	2,11	1,95	1,78	1,36	1,03	0,81	0,60	0,48	0,37	0,26	0,16	0,13
25.	220	Kodak NX / 250	2,03	2,08	1,92	1,78	1,34	1,03	0,82	0,62	0,49	0,37	0,25	0,16	0,12
26.	220	Kodak NX / 275	2,05	2,07	1,95	1,80	1,35	1,03	0,82	0,63	0,50	0,36	0,24	0,15	0,11
27.	220	Kodak NX / 300	2,13	2,16	1,97	1,81	1,40	1,05	0,83	0,64	0,49	0,35	0,23	0,14	0,11
28.	220	ACE	1,59	1,86	1,30	1,42	1,15	1,07	0,92	0,68	0,58	0,45	0,32	0,21	0,14
29.	220	ACE Full HD	1,57	1,62	1,50	1,48	1,30	1,05	0,90	0,73	0,58	0,45	0,30	0,16	0,10
30.	250	TOP	1,81	1,82	1,57	1,52	1,50	1,28	1,04	0,78	0,60	0,46	0,34	0,19	0,13
31.	275	TOP	2,03	2,11	1,89	1,68	1,72	1,51	1,19	0,89	0,64	0,51	0,35	0,22	0,14
32.	300	TOP	2,14	2,03	1,72	1,60	1,63	1,46	1,18	0,88	0,64	0,50	0,33	0,22	0,14



KUVIO 2. Painonäytteiden densiteettien hajonta rasteripistekentissä.

Painonäytteiden densiteeteissä havaittiin merkittävää hajontaa, etenkin tummanpään sävyissä. Painonäytteiden välillä oleva densiteettivaihtelu on vähäisempää alle 40 %:n rasteripistekentissä ja vastaavasti erot kasvavat rasteripistekenttien arvojen kasvaessa. Korkein densiteetti 100 %:n rasteripistekentässä saatiin näytteestä 1 ja alhaisin näytteestä 22. Verrattaessa ACE ja ACE Full HD -laatoilla painettujen painonäytteiden densiteettejä huomattiin teoriasta poiketen, ettei laatan pintakäsittely paranna kompaktin pinnan densiteettiä.

### 9.3 Pisteenkasvu ja ominaiskäyrä

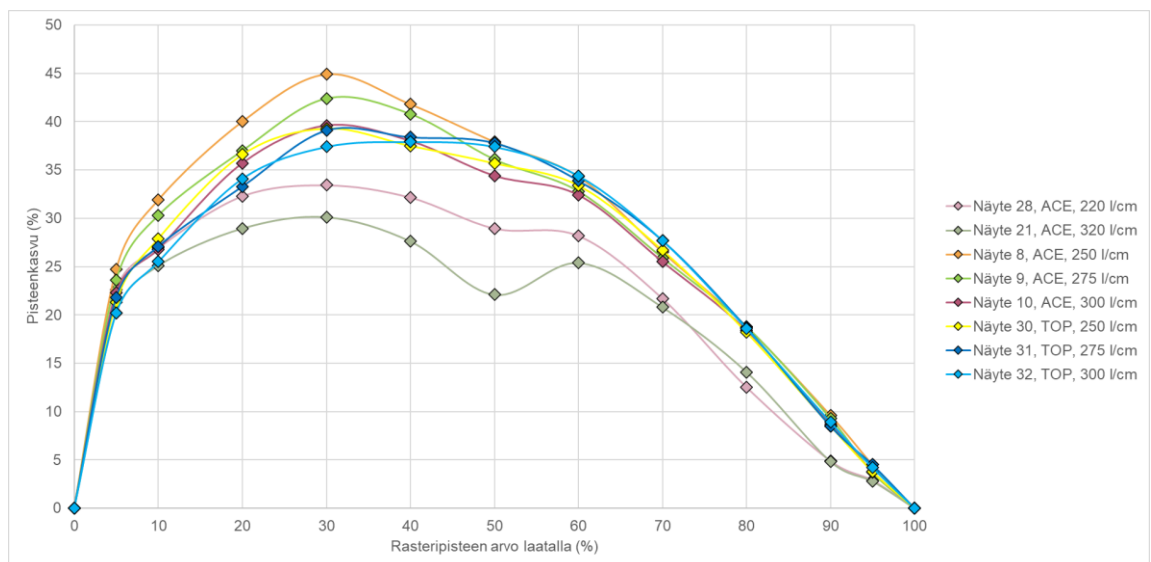
Pisteenkasvua mitattiin X-Rite eXact -spektrofotometrin pisteenkasvun (Tone Value Increase) mittaustoiminnolla. Mittauksista saadut tulokset on koottu taulukkoon 4.

TAULUKKO 4. Painonäytteiden pisteenkasvu prosentteina.

Painonäyte	Linjaluku l/cm	Laatta	Rasteripistekenttä											
			100 %	95 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40 %	30 %	20 %	10 %	5 %
			Pisteenkasvu (%)											
1.	200	Kodak NX / 200	0	4,7	9,9	19,4	27,1	33,9	36,1	35,2	39,6	31,9	26,5	25,8
2.	222	Kodak NX / 222	0	4,6	9,8	19,4	27,2	34,3	37,1	34,4	34,8	33,9	25,9	25,4
3.	250	Kodak NX / 250	0	4,8	9,9	18,4	25,5	31,8	33,8	21,7	19,4	17,4	23,3	23,0
4.	275	Kodak NX / 275	0	4,8	9,7	18,0	24,6	29,9	30,8	32,4	35,7	26,6	21,8	21,3
5.	300	Kodak NX / 300	0	4,6	9,5	17,6	23,2	29,2	31,4	31,0	34,4	27,9	20,7	20,6
6.	200	ACE	0	4,4	9,5	19,6	28,2	36,0	41,9	45,3	47,4	43,2	35,6	26,3
7.	222	ACE	0	4,3	9,5	19,7	28,2	36,0	41,9	46,8	48,2	42,9	34,4	26,0
8.	250	ACE	0	4,5	9,6	18,8	26,5	34,3	37,9	41,8	44,9	40,0	31,9	24,7
9.	275	ACE	0	3,7	9,3	18,8	25,9	32,8	36,1	40,8	42,4	37,0	30,3	23,6
10.	300	ACE	0	3,8	8,7	18,4	25,5	32,4	34,4	38,0	39,6	35,7	26,8	22,3
11.	200	ACE Full HD	0	4,2	9,4	19,6	28,3	36,1	41,6	42,3	44,1	37,2	25,2	18,5
12.	222	ACE Full HD	0	4,4	9,3	19,5	28,2	35,5	42,0	42,7	43,3	37,1	25,3	18,0
13.	250	ACE Full HD	0	3,8	8,9	18,7	26,0	33,2	38,4	41,3	39,5	32,8	23,0	16,5
14.	275	ACE Full HD	0	3,3	8,8	18,3	25,4	31,5	36,8	38,9	37,4	30,9	21,4	15,3
15.	300	ACE Full HD	0	3,9	8,9	17,4	23,9	28,9	33,0	35,8	34,4	30,3	22,0	15,6
16.	320	Kodak NX / 200	0	4,5	8,4	14,5	20,9	21,9	22,7	26,4	24,3	21,1	20,2	20,8
17.	320	Kodak NX / 222	0	4,6	8,9	15,8	22,4	24,9	23,6	27,5	26,6	22,6	20,5	21,3
18.	320	Kodak NX / 250	0	4,5	8,8	15,6	22,4	25,0	24,1	27,9	26,2	22,0	19,6	18,9
19.	320	Kodak NX / 275	0	4,5	8,7	15,1	22,2	24,6	24,5	25,9	23,9	21,3	18,4	18,2
20.	320	Kodak NX / 300	0	4,6	8,8	15,8	21,2	24,3	25,6	26,7	24,3	21,0	17,6	18,1
21.	320	ACE	0	2,8	4,8	14,1	20,8	25,4	22,1	27,6	30,1	29,0	25,1	20,2
22.	320	Ace Full HD	0	4,5	9,3	16,4	20,1	24,5	24,6	28,4	29,1	24,6	18,1	14,0
23.	220	Kodak NX / 200	0	4,7	9,1	16,5	21,7	25,5	25,6	27,9	29,2	24,9	23,0	21,9
24.	220	Kodak NX / 222	0	4,6	9,0	16,4	21,9	26,4	26,8	28,8	29,0	24,6	22,3	21,5
25.	220	Kodak NX / 250	0	4,6	8,9	16,4	22,4	27,3	27,7	28,3	29,7	23,4	20,7	19,9
26.	220	Kodak NX / 275	0	4,5	8,9	16,1	21,6	27,6	27,8	28,3	28,9	24,4	21,2	20,1
27.	220	Kodak NX / 300	0	4,6	9,0	16,5	21,8	26,9	28,5	29,2	28,1	24,2	21,0	21,4
28.	220	ACE	0	2,9	4,9	12,5	21,7	28,2	29,0	32,2	33,4	32,3	26,9	22,6
29.	220	ACE Full HD	0	4,0	8,6	17,1	23,1	30,0	33,1	36,0	35,0	28,8	20,1	15,3
30.	250	TOP	0	3,8	8,5	18,2	26,7	33,4	35,7	37,5	39,3	36,6	27,9	21,3
31.	275	TOP	0	4,5	8,5	18,7	27,7	33,9	37,8	38,4	39,1	33,3	27,1	21,8
32.	300	TOP	0	4,2	8,9	18,6	27,7	34,4	37,4	37,9	37,4	34,1	25,5	20,2

Pisteenkasvun tunnetaan olevan merkittävintä keskisävyissä, mikä nähdään myös painonäytteistä saaduista tuloksista. Pisteenkasvun kuitenkin huomattiin olevan hyvin merkittävää myös vaaleanpään sävyissä. Pienintä pisteenkasvu on ACE Full HD -laatalla painetuissa painonäytteissä.

Visuaalisen arvioinnin ja densiteettimittausten tulosten perusteella tuloksissa päätettiin keskittyä painonäytteisiin, jotka painettiin ACE- tai TOP-laatoilla vyöhyketelan kolmella viimeisellä vyöhykkeellä eli näytteisiin 8–10 ja 30–31. Näiden painonäytteiden tuloksia verrattiin painonäytteisiin, jotka painettiin vertailuteloilla käyttäen laattana ACEa, eli näytteisiin 21 ja 28. Kuviossa 3 on esitetty painonäytteiden pisteenkasvu.



KUVIO 3. Painonäytteiden pisteenkasvu.

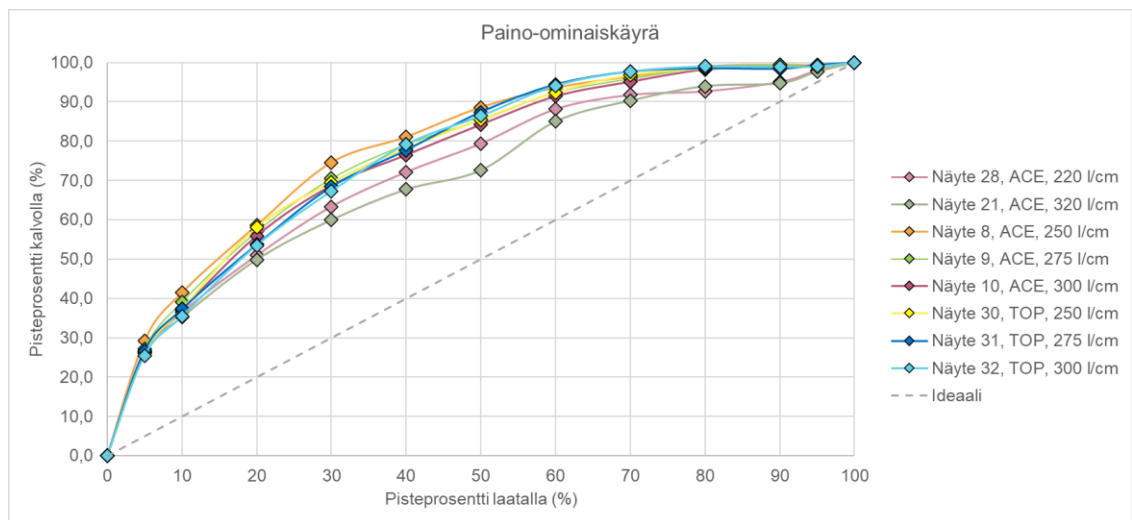
Kuviosta 3 nähdään, että vyöhyketelalla ajetuista painonäytteistä tasaisinta pisteenkasvu on näytteessä 31 ja suurinta näytteessä 8. Pisteenkasvu on huomattavasti merkittävämpää vyöhyketelalla ajetuissa painonäytteissä kuin vertailuteloilla ajetuissa. Tämä tukee aiempaa huomiota siitä, että vakioimalla painoprosessia voidaan vaikuttaa myös pisteenkasvun suuruuteen.

Pisteenkasvua laatalta painonäytteeseen voidaan tarkastella myös paino-ominaiskäyrän avulla. Siitä nähdään, kuinka tarkkaan painokone kykenee toistamaan painolaatalla olevat pisteet. Ominaiskäyrän X-akselille on merkitty painonäytteelle muodostunut rasteripisteprosentti ja Y-akselille painolaatan



rasteripisteprosentti. Mitä lineaarisempi ominaiskäyrä on, sitä paremmin painokone pystyy toistamaan laatalla olevat rasteripisteet painatuksessa.

Ominaiskäyrää varten painonäytteistä mitattiin painonäytteen rasteripisteprosentti X-Rite eXact -spektrofotometrin Tone Value -asetuksella. Sillä saadut tulokset ja ideaali lineaarinen suora on esitetty kuviossa 4. Kuvioista nähdään, että kaikilla painonäytteillä on heikko sävyntoisto vaaleanpään sävyissä, mikä on yleistä fleksopainossa.



KUVIO 4. Painonäytteiden paino-ominaiskäyrä.

## 9.4 Kontrasti

Painonäytteiden suhteellinen kontrasti laskettiin kaavalla 3 X-Rite eXact -spektrofotometrillä mitatuista densiteetin tuloksista vertaamalla kompaktipinnan densiteettiä 70 %:n rasteripistekentän densiteettiin. Esimerkiksi kontrasti näytteessä 1 on laskettu

$$K_s = \frac{2,45 - 1,52}{2,45} \cdot 100 \%$$

$$K_s = 38,21 \%$$

Kompaktipinnan ja rasteripistekentän 100 %:n sävyn densiteetin eroista johtuen myös kontrastit laskettiin erikseen molemmille. Saadut tulokset on taulukoitu taulukkoon 5.

TAULUKKO 5. Painonäytteiden kontrastit.

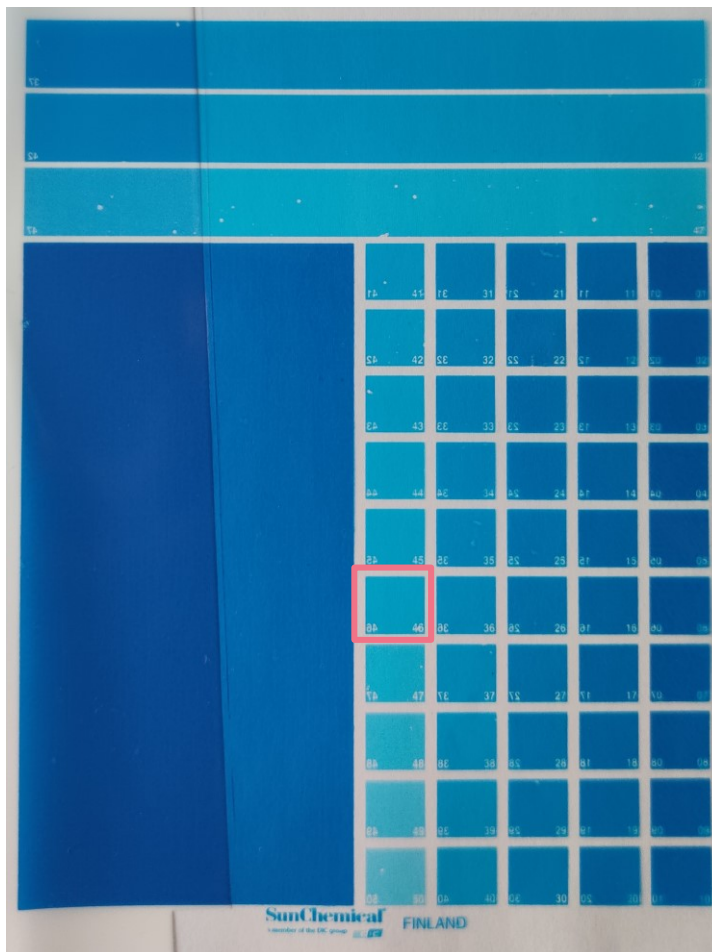
Painonäyte	Linjaluku l/cm	Laatta	Kontrasti (%)	
			100 % vs 70 %	Kompakti vs. 70 %
1.	200	Kodak NX / 200	38,21	37,34
2.	222	Kodak NX / 222	35,59	35,97
3.	250	Kodak NX / 250	41,39	40,70
4.	275	Kodak NX / 275	45,98	44,32
5.	300	Kodak NX / 300	47,30	46,89
6.	200	ACE	30,37	26,31
7.	222	ACE	29,86	24,48
8.	250	ACE	35,20	28,55
9.	275	ACE	37,93	31,08
10.	300	ACE	39,19	26,27
11.	200	ACE Full HD	25,31	21,99
12.	222	ACE Full HD	25,49	25,41
13.	250	ACE Full HD	29,86	29,39
14.	275	ACE Full HD	32,77	31,05
15.	300	ACE Full HD	33,60	30,77
16.	320	Kodak NX / 200	50,05	48,39
17.	320	Kodak NX / 222	47,18	44,51
18.	320	Kodak NX / 250	46,73	45,06
19.	320	Kodak NX / 275	47,35	45,70
20.	320	Kodak NX / 300	47,85	45,50
21.	320	ACE	41,43	30,27
22.	320	Ace Full HD	34,20	31,62
23.	220	Kodak NX / 200	52,81	50,29
24.	220	Kodak NX / 222	51,09	48,68
25.	220	Kodak NX / 250	50,34	49,01
26.	220	Kodak NX / 275	50,43	49,95
27.	220	Kodak NX / 300	51,18	50,63
28.	220	ACE	42,26	32,53
29.	220	ACE Full HD	35,11	33,21
30.	250	TOP	30,01	29,31
31.	275	TOP	28,55	25,70
32.	300	TOP	28,10	32,06

Pisteenkasvulla on suuri merkitys kontrastiin etenkin tummanpään sävyissä, jolloin kontrasti laskee pisteenkasvun noustessa. Tuloksista huomataankin, että suurta kontrasti on niissä painonäytteissä, joissa pisteenkasvu on ollut pientä 70 %:n rasteripistekentässä. Vastaavasti kontrasti on pientä niissä painonäytteissä, joissa pisteenkasvu on ollut merkittävää.

Vertailuteloilla ajetuissa näytteissä kontrasti on merkittävästi suurempaa kuin vyöhyketelalla ajetuissa. Vyöhyketelalla ajetuista näytteistä voimakkainta kontrasti on näytteessä 5.

## 9.5 Vedosvastaavuus

Värien vedosvastaavuus eli väriero määriteltiin spektrofotometrin Compare Tool -mittaustyökalun avulla, aiempien tulosten perusteella painonäytteille 8–10 ja 30–32. Referenssinä toimi käytössä oleva värivedos, joka on esitetty kuvassa 24. Väriero ei ole yleensä merkittävä, jos kokonaisväriero on alle kolme. Uusia painotöitä vedostaessa pyritään kuitenkin pitämään kokonaisväriero alle kahdessa.



KUVA 24. Värivedos, johon on merkitty paras väriovastaavuus standardina käytetylle painonäytteelle.

Mittauksen alkaessa standardiksi asetettiin näytteen 21 kompaktipinta, joka on painettu ACElla ja verrokkina olleella 320 l/cm<sup>-2</sup> -telalla. Vastaavuus tarkistettiin ensin referenssinä olleesta värivedoksesta, jossa standardi vastasi eniten väriruutua 46, kokonaisvärieron ollessa  $\Delta E_{00} = 1,16$ . Tämän jälkeen painonäytteitä verrattiin standardiin ja tuloksena saadut kokonaisvärierot  $\Delta E_{00}$  on koottu taulukkoon 6.

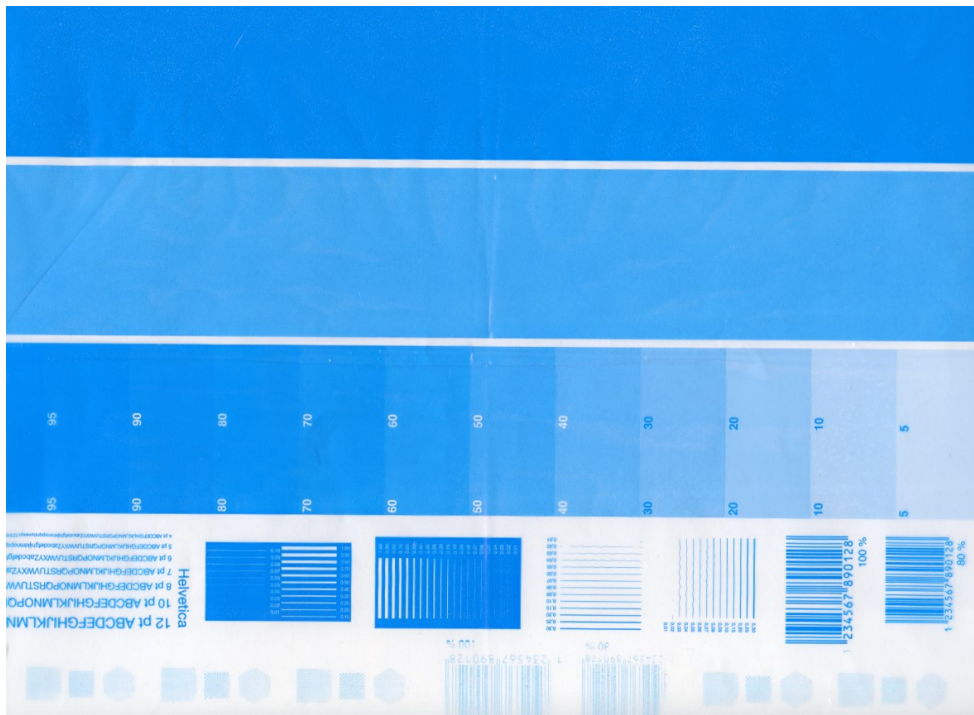
TAULUKKO 6. Painonäytteiden kokonaisvärierot.

Painonäyte	Linjaluku l/cm	Laatta	Kompakti	Kokonaisväriero $\Delta E_{00}$						
				Rasteripistekenttä						
				100 %	95 %	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %
8.	250	ACE	5,26	7,20	5,05	3,87	2,87	1,57	1,99	5,61
9.	275	ACE	4,36	6,49	4,36	3,15	1,99	1,37	2,60	6,54
10.	300	ACE	2,89	5,63	3,32	1,72	1,05	1,66	3,44	8,00
30.	250	TOP	5,20	5,46	4,12	3,78	2,95	1,64	2,84	6,31
31.	275	TOP	7,52	7,87	6,95	5,82	5,40	3,82	2,29	4,51
32.	300	TOP	8,55	8,12	6,81	5,32	4,50	3,69	2,60	4,52

Taulukkoon 6 on merkitty hyväksytyt kokonaisvärierot, alle kahden vihreällä ja alle kolmen oranssilla. Paras vastaavuus standardiin saatiin painonäytteellä 10, 80 %:n rasteripistekentässä, jolloin kokonaisväriero  $\Delta E_{00} = 1,05$ .

### 9.6 Paras laatan ja anilox-telan yhdistelmä

Tarkoituksena oli määrittää painonäytteiden perusteella paras painolaatan ja anilox-telan yhdistelmä, jossa otettiin huomioon visuaalinen tarkastelu sekä objektiiviset mittaukset. Kaikki nämä asiat huomioiden, parhaaksi valittiin painonäyte 31, joka on kuvassa 24. Painonäytteen painamiseen käytettiin vyöhyketelan 275 l/cm -vyöhykettä ja laattana Asahi AFP<sup>TM</sup>-TOPia.



KUVA 24. Parhaaksi valittu painonäyte 31.

Painonäytteen kompaktipinta on tasainen, rasteripistekentässä ei ole havaittavissa merkittävää tukkeutumista eivätkä rasteripisteet siltaannu 50 %:n rasteripistekentässä. Lisäksi kompaktipinnan densiteetti on jopa kaksinkertainen verrattuna verrokkiteloihin saavutettuihin.

Pisteenkasvu, kuten muissakin painonäytteissä, on suurempaa kuin vertailuteloilla ajetuissa näytteissä, mutta saatavissa hallintaan lisätutkimuksilla ja painoprosessin vakionnilla. Painonäytteen kokonaisväriero värivedokseen on  $\Delta E_{00} = 2,29$ , eli hyväksytyllä tasolla. Sitä saadaan kuitenkin pienemmäksikin painoprosessia optimoimalla.

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehostaa ja yhtenäistää painoprosessia vähentämällä käytössä olevia anilox-teloja Amerplast Oy:n pakkaustehtaalla. Työtä varten tilattiin vyöhyketela, johon valittiin viisi vyöhykettä teorian ja käytännön perusteella. Lisäksi tilattiin koepainolaatat, joissa oli mittauksia varten puristusta, painojäljen tarkkuutta ja terävyyttä sekä värinsiirron tasaisuutta mittaavia testikenttiä.

Koeajojen tuloksilla saatiin paljon tietoa eri laattatyypin ja anilox-telojen sopivuudesta toisilleen. Visuaalisessa arvioinnissa havaittiin selkeitä eroja painonäytteiden välillä, esimerkiksi rasteripisteiden siltaantuvuus 50 %:n rasteripistekentissä oli hyvin merkittävää etenkin vyöhyketelan kahdella ensimmäisellä vyöhykkeellä ajetuissa näytteissä. Lisäksi kompaktipintojen tummuudessa oli silmämääräisesti havaittavia eroja. Objektiviiset mittaukset tukivat visuaalisen arvioinnin tuloksia.

Koeajoissa saatujen tulosten perusteella valittiin anilox-tela, jolla voidaan kokonaan korvata vertailuteloina käytetyt 220 l/cm ja 320 l/cm -linjaiset anilox-telat. Parhaiten opinnäytetyön alussa asetetut tavoitteet täytti vyöhyketelan neljäs vyöhyke, jonka linjaluku on 275 l/cm. Yritys onkin opinnäytetyön pohjalta päättänyt investoida 275 l/cm -linjaiseen anilox-telaan, jonka uskotaan tehostavan painoprosessia ja tuotantotehokkuutta.

Jatkotoimenpiteenä valitun anilox-telan toimivuutta tulisi testata eri PMS-väreillä ja kalvolaaduilla oikeassa tuotantotyössä. Sillä saataisiin perusteellisempi kuva anilox-telan toimivuudesta ja voitaisiin todeta, ovatko opinnäytetyössä tehdyt johtopäätökset olleet oikeita. Lisäksi koeajojen ja mittausten avulla voitaisiin määrittää, olisiko mahdollista korvata vielä kolmas anilox-tela.

## LÄHTEET

Amerplast Oy. Amerplast yrityksenä. Tietoa meistä. Luettu 20.4.2021.  
<https://amerplast.com/fi/amerplast-yrityksena/tietoa-meista/>

Bobst. Our Products. Printing. CI Flexo Printing. Related Products. SmartGPS – Graphic positioning system. Luettu 20.4.2021.  
<https://www.bobst.com/aten/products/equipments/overview/machine/smartgps/>

Bristow, A. 2009. Optical Properties of Pulp and Paper. Teoksessa Ek, M., Gellerstedt, G. & Henriksson, G. (toim.) Pulp and Paper Chemistry and Technology - Paper Products Physics and Technology. Volume 4. Berliini: De Gruyter, 146–166.

FLEXOconsultant. Sandon Global. Luettu 11.2.2021.  
<https://flexoconsultantit.com/sandon-global-2/>

FlintGroup. Nyloflex® ACE. Nyloflex® ACE Digital. Luettu 26.4.2021.  
[https://www.flintgrp.com/media/1127/nyloflex\\_ace\\_us.pdf](https://www.flintgrp.com/media/1127/nyloflex_ace_us.pdf)

Gotsick, T. & Cook, B. 2012. Improving Solid Ink Coverage on Polymeric Films. Luettu 2.4.2021.  
[http://printing.macdermid.com/files/7614/2678/0759/Improving\\_Solid\\_Ink\\_Coverage\\_Oct12.pdf](http://printing.macdermid.com/files/7614/2678/0759/Improving_Solid_Ink_Coverage_Oct12.pdf)

Hakola, E. 2009. Principles of conventional printing. Teoksessa Oittinen, P. & Saarelna, H. (toim.) Print Media – Principles, Processes and Quality. 2. painos. Helsinki: Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy, 42–80.

Hast, J., Jansson, E., Suhonen, R., Hakola, L., Tuomikoski, M., Vilkmann, M., Rönkä, K. & Kopola, H. 2017. Printed Electronics Solutions-Based Processes with Flexible Glass. Teoksessa Garner, S. M. (toim.) Flexible Glass – Enabling Thin, Lightweight, and Flexible Electronics. John Wiley & Sons, 181–210.

Izdebska, J. 2016. Flexographic Printing. Teoksessa Izdebska, J., Sabu, T. (toim.) Printing on Polymers: Fundamentals and Applications. Elsevier, 179–197.

Kallio, J. Amerplast Oy. Repro & R&D Manager. Asahin kovuus. Sähköpostiviesti. [jarkko.kallio@amerplast.com](mailto:jarkko.kallio@amerplast.com). Luettu 28.4.2021.

Karhuketo, H., Seppälä, J. M., Törn, T. & Viluksela, P. 2004. Kemiallinen metsäteollisuus 3, Paperin ja kartongin jalostus. 2. uudistettu painos. Opetushallitus.

Kijärvi, M. Flexica Oy. Toimitusjohtaja. Yleistä aniloxeista. Sähköpostiviesti. [matti.kijarvi@flexica.fi](mailto:matti.kijarvi@flexica.fi). Luettu 8.12.2020.

Kipphan, H. 2001. Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods. Volume 1. Springer-Verlag.

Klein, T. Full HD Flexo. Application and Implications of Full High-Definition Flexo. Luettu 24.4.2021. [https://www.pac.gr/bcm/uploads/full-hd-flexo-whitepaper-us-\(1\).pdf](https://www.pac.gr/bcm/uploads/full-hd-flexo-whitepaper-us-(1).pdf)

Kodak Flexcel NX Ultra. Plate Kit. 2020. Luettu 26.4.2021. [https://www.miraclon.com/content/uploads/2020/04/FLEXCEL-NX\\_ULTRA-Plate-Kit\\_SellSheet\\_US-190904-LR.pdf](https://www.miraclon.com/content/uploads/2020/04/FLEXCEL-NX_ULTRA-Plate-Kit_SellSheet_US-190904-LR.pdf)

Kodak Flexcel NX. Effective Ink Transfer. 2020. Luettu 26.4.2021. <https://miraclon.com/content/uploads/2020/04/FLEXCEL-NX-Effective-Ink-Transfer-whitepaper.pdf>

Konica Minolta. Media Centre. Poster Download. Luettu 1.4.2021. <https://www5.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/media-centre/poster-download.html>

Mattila, A-J. Amerplast Oy. Printing manager. Painolaatat Tampere 2020. Sähköpostiviesti. [antti-jussi.mattila@amerplast.com](mailto:antti-jussi.mattila@amerplast.com) Luettu 18.12.2020.

Pantone. Color Bridge Guide Set. Coated & Uncoated. Luettu 31.3.2021. <https://www.pantone.com/eu/en/color-bridge-guide-set-coated-uncoated>

Puukko, P. & Niemi, K. 2009. Instrumental measurement of print quality. Teoksessa Oittinen, P. & Saarelma, H. (toim.) Print Media – Principles, Processes and Quality. 2. painos. Helsinki: Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy, 317–334.

Saarelma, H. & Oittinen, P. 2009. Optical imaging in printing. Teoksessa Oittinen, P. & Saarelma, H. (toim.) Print Media – Principles, Processes and Quality. 2. painos. Helsinki: Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy, 275–316.

Saarelma, H. & Oittinen, P. 2009. Principles of Imaging. Teoksessa Oittinen, P. & Saarelma, H. (toim.) Print Media – Principles, Processes and Quality. 2. painos. Helsinki: Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy, 237–274.

Sandon Global. 20.5.2020. Wide Web/Flexibles Presentation. Luettu 11.2.2021. [https://www.sandonglobal.com/wp-content/uploads/2020/05/FINAL\\_May20\\_AGENTS\\_Wide-Web-Flexibles-Training-Presentation.pdf](https://www.sandonglobal.com/wp-content/uploads/2020/05/FINAL_May20_AGENTS_Wide-Web-Flexibles-Training-Presentation.pdf)

Ström, G. Paper and Printing. Teoksessa Ek, M., Gellerstedt, G. & Henriksson, G. (toim.) Pulp and Paper Chemistry and Technology - Paper Products Physics and Technology. Volume 4. Berliini: De Gruyter, 233–256.

Tuppurainen, M. Sun Chemical. Laboratory Manager. Color Training. Sähköpostiviesti. [marko.tuppurainen@sunchemical.com](mailto:marko.tuppurainen@sunchemical.com) Luettu 18.1.2021.

Valdec, D., Miljković, P. & Čerepinko, D. 2018. The Impact of Top Dot Shapes of the Printing Plate on Dot Formation in Flexography. Technical Gazette 25(2), 596–602.



Viluksela, P., Ristimäki, S. & Spännäri, T. 2010. Painoviestinnän tekniikka.2. painos. Helsinki: Opetushallitus.

Zołek-Tryznowska, Z. 2016. Rheology of Printing Inks. Teoksessa Izdebska, J., Sabu, T. (toim.) Printing on Polymers: Fundamentals and Applications. Elsevier, 87–99.

## LIITTEET

## Liite 1. Painonäytteiden densiteetit rasteripistekentissä.

1(8)

## Kodak NX

Linjaluku l/cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka
100 %											
200	2,37	2,49	2,45	2,49	2,51	2,45	2,49	2,43	2,47	2,37	2,45
222	2,38	2,41	2,31	2,39	2,3	2,36	2,4	2,42	2,39	2,38	2,37
250	2,25	2,27	2,24	2,19	2,26	2,22	2,24	2,23	2,28	2,24	2,24
275	2,2	2,26	2,23	2,24	2,26	2,24	2,29	2,26	2,25	2,26	2,25
300	2,2	2,1	2,19	2,21	2,14	2,16	2,2	2,13	2,21	2,15	2,17
95 %											
200	2,23	2,26	2,23	2,26	2,23	2,22	2,21	2,21	2,25	2,2	2,23
222	2,11	2,09	2,14	2,11	2,13	2,09	2,12	2,17	2,14	2,07	2,12
250	1,98	2,03	1,98	2,02	2,01	2,04	2	2,01	2,04	2,02	2,01
275	2,05	2,02	1,97	2,01	2,06	2,06	1,99	2,02	2,05	2,08	2,03
300	1,95	1,99	1,96	1,89	2,02	2	1,94	1,9	2,01	1,95	1,96
90 %											
200	2,3	2,34	2,29	2,34	2,35	2,29	2,3	2,36	2,32	2,33	2,32
222	2,33	2,28	2,23	2,18	2,28	2,24	2,19	2,21	2,29	2,22	2,25
250	2	1,99	2,01	2,03	1,99	2	1,97	2,07	2	2,05	2,01
275	2,03	2,04	2	2,01	1,9	2,04	2,02	2,02	2,02	2,03	2,01
300	1,9	1,86	1,87	1,82	1,84	1,82	1,9	1,92	1,9	1,88	1,87
80 %											
200	2,1	2	2,15	2,12	2,1	2,02	2,15	2,13	2,08	2,13	2,10
222	2,08	2,15	2,08	2,07	2,1	2,15	2,09	2,11	2,07	2,12	2,10
250	1,67	1,72	1,74	1,77	1,67	1,71	1,75	1,8	1,73	1,71	1,73
275	1,58	1,63	1,63	1,6	1,62	1,62	1,66	1,63	1,62	1,65	1,62
300	1,47	1,45	1,46	1,47	1,5	1,51	1,47	1,51	1,48	1,45	1,48
70 %											
200	1,51	1,48	1,51	1,53	1,54	1,53	1,54	1,49	1,5	1,52	1,52
222	1,55	1,51	1,55	1,5	1,54	1,51	1,57	1,49	1,53	1,54	1,53
250	1,32	1,32	1,28	1,3	1,32	1,34	1,28	1,3	1,32	1,36	1,31
275	1,23	1,21	1,22	1,2	1,22	1,22	1,19	1,2	1,21	1,25	1,22
300	1,15	1,13	1,15	1,15	1,13	1,16	1,13	1,15	1,15	1,13	1,14
60 %											
200	1,25	1,27	1,26	1,24	1,27	1,24	1,28	1,22	1,25	1,25	1,25
222	1,25	1,2	1,24	1,25	1,2	1,25	1,22	1,21	1,26	1,24	1,23
250	1,07	1,09	1,1	1,12	1,06	1,09	1,08	1,1	1,08	1,05	1,08
275	0,98	0,97	1,02	1,01	0,95	0,98	1,01	1,01	1,02	0,98	0,99
300	0,93	0,93	0,95	0,96	0,92	0,94	0,89	0,87	0,93	0,96	0,93
50 %											
200	0,87	0,88	0,85	0,91	0,88	0,89	0,96	0,94	0,92	0,9	0,90
222	0,88	0,86	0,86	0,89	0,9	0,84	0,92	0,86	0,85	0,89	0,88
250	0,74	0,76	0,79	0,78	0,78	0,75	0,79	0,8	0,76	0,75	0,77
275	0,76	0,73	0,74	0,73	0,72	0,72	0,75	0,76	0,73	0,74	0,74
300	0,69	0,7	0,69	0,67	0,69	0,67	0,71	0,69	0,7	0,71	0,69
40 %											
200	0,58	0,6	0,59	0,6	0,6	0,61	0,58	0,59	0,57	0,58	0,59
222	0,59	0,57	0,59	0,58	0,59	0,58	0,61	0,6	0,57	0,6	0,59
250	0,56	0,58	0,57	0,6	0,56	0,57	0,57	0,59	0,55	0,56	0,57
275	0,55	0,54	0,55	0,54	0,55	0,56	0,55	0,56	0,54	0,55	0,55
300	0,51	0,53	0,53	0,54	0,52	0,53	0,53	0,52	0,5	0,52	0,52
30 %											
200	0,52	0,51	0,52	0,4	0,47	0,5	0,38	0,39	0,49	0,47	0,47
222	0,44	0,42	0,41	0,46	0,45	0,41	0,4	0,47	0,45	0,41	0,43
250	0,38	0,4	0,39	0,43	0,4	0,45	0,41	0,41	0,38	0,43	0,41
275	0,46	0,44	0,42	0,41	0,46	0,4	0,43	0,42	0,46	0,44	0,43
300	0,41	0,43	0,4	0,4	0,44	0,4	0,39	0,4	0,43	0,41	0,41
20 %											
200	0,32	0,33	0,35	0,38	0,32	0,32	0,32	0,31	0,35	0,33	0,33
222	0,35	0,36	0,31	0,37	0,37	0,34	0,35	0,31	0,32	0,37	0,35
250	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,29	0,29	0,31	0,32	0,29	0,29
275	0,32	0,28	0,27	0,28	0,28	0,27	0,27	0,28	0,27	0,28	0,28
300	0,26	0,3	0,26	0,3	0,27	0,29	0,28	0,28	0,25	0,3	0,28
10 %											
200	0,2	0,2	0,19	0,2	0,19	0,19	0,19	0,18	0,19	0,18	0,19
222	0,2	0,19	0,19	0,18	0,2	0,19	0,2	0,19	0,2	0,19	0,19
250	0,17	0,18	0,18	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18	0,17	0,18	0,18
275	0,16	0,16	0,16	0,15	0,16	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,16
300	0,16	0,16	0,15	0,15	0,16	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,15
5 %											
200	0,15	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,16	0,16
222	0,16	0,15	0,15	0,14	0,15	0,16	0,17	0,15	0,14	0,15	0,15
250	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,14	0,13	0,14
275	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12
300	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12



**Flint ACE Full HD**

Linjaluku lcm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka
100 %											
200	2,13	2,22	2,2	2,16	2,12	2,22	2,18	2,15	2,14	2,09	2,16
222	2,08	2,02	2,05	2,14	2,16	2,06	2,17	2,12	2,15	2,16	2,11
250	1,81	1,82	1,83	1,86	1,75	1,83	1,8	1,77	1,84	1,74	1,81
275	1,78	1,8	1,88	1,75	1,78	1,76	1,74	1,72	1,76	1,73	1,77
300	1,63	1,66	1,6	1,67	1,6	1,61	1,64	1,65	1,68	1,66	1,64
95 %											
200	1,86	1,87	1,81	1,81	1,86	1,87	1,9	1,83	1,84	1,87	1,85
222	1,81	1,76	1,8	1,78	1,86	1,8	1,82	1,75	1,81	1,82	1,80
250	1,56	1,57	1,54	1,56	1,55	1,54	1,5	1,52	1,56	1,58	1,55
275	1,52	1,51	1,47	1,51	1,48	1,51	1,5	1,54	1,51	1,47	1,50
300	1,45	1,46	1,48	1,49	1,47	1,49	1,5	1,48	1,5	1,48	1,48
90 %											
200	1,84	1,87	1,82	1,86	1,88	1,86	1,88	1,86	1,83	1,89	1,86
222	1,7	1,79	1,73	1,77	1,76	1,77	1,79	1,75	1,78	1,76	1,76
250	1,59	1,6	1,58	1,53	1,58	1,61	1,6	1,59	1,6	1,59	1,59
275	1,55	1,53	1,52	1,56	1,55	1,5	1,56	1,58	1,57	1,54	1,55
300	1,41	1,44	1,47	1,49	1,46	1,45	1,49	1,51	1,46	1,48	1,47
80 %											
200	1,94	1,94	1,97	1,96	1,97	1,92	1,94	1,93	1,91	1,94	1,94
222	1,73	1,84	1,9	1,85	1,87	1,82	1,88	1,83	1,83	1,88	1,84
250	1,56	1,54	1,52	1,53	1,52	1,56	1,48	1,49	1,54	1,55	1,53
275	1,45	1,48	1,4	1,42	1,49	1,48	1,43	1,47	1,48	1,49	1,46
300	1,29	1,32	1,34	1,35	1,3	1,26	1,31	1,37	1,29	1,3	1,31
70 %											
200	1,6	1,58	1,62	1,6	1,64	1,56	1,65	1,62	1,64	1,63	1,61
222	1,61	1,54	1,6	1,56	1,54	1,53	1,6	1,58	1,61	1,56	1,57
250	1,3	1,27	1,25	1,26	1,27	1,26	1,26	1,24	1,28	1,27	1,27
275	1,18	1,14	1,18	1,22	1,2	1,22	1,17	1,21	1,2	1,18	1,19
300	1,08	1,08	1,08	1,11	1,1	1,09	1,06	1,11	1,07	1,11	1,09
60 %											
200	1,33	1,32	1,29	1,34	1,31	1,32	1,31	1,32	1,29	1,31	1,31
222	1,27	1,31	1,29	1,26	1,24	1,25	1,27	1,28	1,27	1,28	1,27
250	1,1	1,09	1,08	1,07	1,05	1,07	1,05	1,07	1,08	1,1	1,08
275	0,98	1,02	0,99	1,03	1,01	1,02	1,01	1,03	0,98	1,01	1,01
300	0,91	0,9	0,91	0,89	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,92	0,91
50 %											
200	0,99	1,02	1,05	1,02	1,02	1,05	1,06	1,06	1,05	1,07	1,04
222	1,05	1,06	1,03	1,04	1,02	1,06	1,06	1,04	1,05	1,02	1,04
250	0,87	0,89	0,87	0,87	0,86	0,88	0,87	0,85	0,86	0,88	0,87
275	0,8	0,81	0,82	0,83	0,84	0,83	0,83	0,82	0,81	0,83	0,82
300	0,71	0,72	0,72	0,72	0,71	0,72	0,7	0,73	0,72	0,72	0,72
40 %											
200	0,76	0,76	0,72	0,76	0,74	0,73	0,75	0,7	0,75	0,73	0,74
222	0,77	0,76	0,78	0,76	0,79	0,76	0,77	0,76	0,77	0,75	0,77
250	0,67	0,68	0,69	0,67	0,68	0,68	0,68	0,67	0,67	0,69	0,68
275	0,63	0,64	0,65	0,63	0,65	0,66	0,63	0,64	0,62	0,65	0,64
300	0,55	0,57	0,56	0,58	0,57	0,59	0,58	0,58	0,58	0,59	0,58
30 %											
200	0,58	0,58	0,57	0,58	0,56	0,58	0,57	0,57	0,58	0,55	0,57
222	0,59	0,58	0,58	0,56	0,57	0,57	0,57	0,58	0,57	0,57	0,57
250	0,51	0,5	0,5	0,5	0,48	0,5	0,49	0,5	0,5	0,49	0,50
275	0,46	0,48	0,46	0,47	0,48	0,48	0,47	0,48	0,49	0,47	0,47
300	0,44	0,45	0,43	0,43	0,44	0,43	0,44	0,43	0,43	0,44	0,44
20 %											
200	0,36	0,37	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,36	0,38	0,39	0,37
222	0,37	0,38	0,36	0,39	0,37	0,38	0,39	0,41	0,36	0,37	0,38
250	0,32	0,32	0,34	0,33	0,31	0,32	0,33	0,34	0,32	0,32	0,33
275	0,33	0,31	0,28	0,31	0,33	0,32	0,31	0,3	0,32	0,32	0,31
300	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,29	0,28	0,28	0,31	0,3	0,29
10 %											
200	0,19	0,19	0,19	0,2	0,19	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,20
222	0,18	0,19	0,2	0,2	0,19	0,19	0,2	0,2	0,2	1,19	0,29
250	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	0,17
275	0,17	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17
300	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
5 %											
200	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
222	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12
250	0,1	0,1	0,1	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,10
275	0,1	0,1	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,09	0,09	0,10
300	0,1	0,1	0,09	0,09	0,1	0,09	0,1	0,09	0,09	0,09	0,09

4(8)

**Asahi AFP™-TOP**

Linjaluku l/cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka
	100 %										
250	1,9	1,84	1,8	1,79	1,78	1,73	1,93	1,8	1,81	1,85	1,82
275	2,14	2,08	2,07	2,18	2,11	2	2,07	2,16	2,18	2,13	2,11
300	1,99	1,98	2,01	1,96	2	2,07	1,99	2,08	2,09	2,08	2,03
	95 %										
250	1,51	1,55	1,55	1,6	1,59	1,59	1,57	1,55	1,6	1,62	1,57
275	1,92	1,89	1,87	1,91	1,91	1,94	1,86	1,92	1,81	1,91	1,89
300	1,71	1,74	1,78	1,7	1,72	1,76	1,68	1,64	1,73	1,75	1,72
	90 %										
250	1,51	1,53	1,48	1,52	1,52	1,49	1,55	1,53	1,53	1,49	1,52
275	1,71	1,64	1,68	1,71	1,65	1,65	1,73	1,64	1,7	1,68	1,68
300	1,53	1,54	1,57	1,62	1,65	1,62	1,66	1,61	1,56	1,61	1,60
	80 %										
250	1,48	1,48	1,45	1,51	1,49	1,47	1,47	1,5	1,56	1,54	1,50
275	1,75	1,75	1,72	1,71	1,63	1,65	1,77	1,71	1,77	1,73	1,72
300	1,68	1,7	1,67	1,53	1,59	1,59	1,7	1,68	1,56	1,63	1,63
	70 %										
250	1,29	1,28	1,29	1,29	1,31	1,28	1,26	1,2	1,29	1,27	1,28
275	1,57	1,5	1,46	1,48	1,49	1,48	1,53	1,53	1,51	1,54	1,51
300	1,44	1,39	1,38	1,47	1,46	1,51	1,44	1,41	1,55	1,51	1,46
	60 %										
250	1,05	1,05	1,04	1,04	1,02	1,05	1,05	1,04	1,03	1,03	1,04
275	1,19	1,18	1,15	1,22	1,18	1,18	1,19	1,18	1,23	1,21	1,19
300	1,19	1,2	1,14	1,17	1,19	1,18	1,2	1,19	1,16	1,18	1,18
	50 %										
250	0,75	0,74	0,76	0,81	0,83	0,78	0,79	0,79	0,78	0,79	0,78
275	0,91	0,84	0,88	0,94	0,88	0,83	0,91	0,89	0,9	0,91	0,89
300	0,89	0,88	0,86	0,88	0,89	0,9	0,9	0,86	0,88	0,88	0,88
	40 %										
250	0,63	0,6	0,62	0,58	0,58	0,59	0,61	0,63	0,6	0,57	0,60
275	0,64	0,66	0,64	0,66	0,63	0,63	0,65	0,64	0,64	0,63	0,64
300	0,64	0,64	0,63	0,64	0,62	0,62	0,67	0,66	0,64	0,61	0,64
	30 %										
250	0,44	0,43	0,46	0,46	0,46	0,47	0,46	0,46	0,47	0,49	0,46
275	0,53	0,51	0,49	0,51	0,5	0,48	0,53	0,51	0,49	0,5	0,51
300	0,48	0,48	0,49	0,5	0,5	0,51	0,49	0,49	0,51	0,5	0,50
	20 %										
250	0,35	0,35	0,35	0,32	0,33	0,33	0,34	0,36	0,35	0,32	0,34
275	0,34	0,35	0,34	0,36	0,35	0,34	0,35	0,36	0,34	0,36	0,35
300	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,33	0,33	0,34	0,33	0,33
	10 %										
250	0,2	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,21	0,19
275	0,22	0,22	0,2	0,23	0,22	0,2	0,22	0,22	0,21	0,21	0,22
300	0,22	0,22	0,22	0,21	0,2	0,22	0,22	0,22	0,21	0,22	0,22
	5 %										
250	0,13	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,13	0,13	0,11	0,12	0,13
275	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
300	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,14











## Liite 2. Painonäytteiden densiteetit kompaktipinnoilla.

**Kodax NX**

Linjaluku l/cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka
200	2,41	2,46	2,41	2,4	2,41	2,46	2,4	2,43	2,36	2,44	2,42
222	2,42	2,36	2,28	2,39	2,4	2,34	2,45	2,43	2,41	2,4	2,39
250	2,25	2,21	2,23	2,17	2,22	2,2	2,24	2,21	2,24	2,19	2,22
275	2,09	2,19	2,19	2,21	2,2	2,26	2,18	2,17	2,19	2,14	2,18
300	2,11	2,15	2,14	2,18	2,16	2,13	2,14	2,16	2,16	2,19	2,15

**Flint ACE**

Linjaluku l/cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka
200	2,24	2,23	2,25	2,28	2,26	2,27	2,26	2,23	2,2	2,24	2,25
222	2,17	2,15	2,13	2,19	2,18	2,16	2,14	2,17	2,19	2,17	2,17
250	1,94	1,83	1,8	1,81	1,89	1,83	1,89	1,93	1,82	1,86	1,86
275	1,82	1,83	1,8	1,73	1,79	1,81	1,82	1,77	1,81	1,84	1,80
300	1,57	1,59	1,63	1,62	1,58	1,61	1,56	1,61	1,56	1,62	1,60

**Flint ACE Full HD**

Linjaluku l/cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka
200	2,22	2,15	1,19	2,2	2,18	2,17	2,18	2,14	2,13	2,13	2,07
222	2,09	2,14	2,1	2,09	2,08	2,13	2,15	2,08	2,09	2,14	2,11
250	1,83	1,77	1,73	1,85	1,82	1,8	1,82	1,77	1,79	1,75	1,79
275	1,75	1,76	1,65	1,66	1,74	1,73	1,77	1,66	1,75	1,79	1,73
300	1,58	1,59	1,56	1,56	1,57	1,59	1,53	1,61	1,57	1,57	1,57

**Asahi AFP™-TOP**

Linjaluku l/cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka
250	1,7	1,8	1,81	1,82	1,85	1,78	1,83	1,82	1,81	1,83	1,81
275	2,01	2,04	1,98	2,09	2,08	2,02	2	2,07	1,99	2,03	2,03
300	2,18	2,19	1,98	2,15	2,03	2,23	2,13	2,18	2,16	2,2	2,14

**Kodax NX**

Linjaluku 320 l/cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka
200	1,84	1,85	1,86	1,87	1,86	1,87	1,84	1,86	1,88	1,85	1,86
222	1,86	1,81	1,74	1,82	1,84	1,84	1,83	1,84	1,84	1,8	1,82
250	1,81	1,8	1,8	1,81	1,82	1,81	1,83	1,81	1,79	1,83	1,81
275	1,82	1,81	1,82	1,83	1,83	1,77	1,82	1,83	1,81	1,80	1,81
300	1,79	1,78	1,76	1,77	1,77	1,75	1,78	1,76	1,87	1,75	1,78

**Flint ACE**

Linjaluku 320 l/cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka	ka
Oikea	1,39	1,42	1,48	1,46	1,39	1,45	1,43	1,45	1,41	1,4	1,43	1,34
Keski	1,35	1,39	1,35	1,36	1,36	1,36	1,39	1,32	1,36	1,36	1,36	
Vasen	1,23	1,23	1,27	1,26	1,27	1,26	1,26	1,22	1,27	1,19	1,25	

**Flint ACE Full HD**

Linjaluku 320 l/cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka	ka
Oikea	1,36	1,41	1,37	1,36	1,38	1,38	1,4	1,39	1,4	1,37	1,38	1,33
Keski	1,34	1,36	1,33	1,33	1,36	1,36	1,36	1,38	1,36	1,30	1,35	
Vasen	1,29	1,27	1,27	1,28	1,27	1,28	1,27	1,28	1,28	1,25	1,27	

**Kodax NX**

Linjaluku 220 l/cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka
200	2,06	2,03	2,07	2,09	2,01	2,09	2,11	2,13	2,08	2,07	2,07
222	2,04	1,95	1,98	2	2,03	1,99	2,04	1,99	2,02	2,05	2,01
250	2,01	2,03	2,03	2	2,04	2,04	2	2,03	2,04	2,06	2,03
275	2,04	2,06	2,01	2,07	2,06	2,02	2,04	2,06	2,09	2,07	2,05
300	2,15	2,17	2,15	2,09	2,15	2,13	2,12	2,11	2,15	2,11	2,13

**Flint Ace**

Linjaluku 220 l/cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka	ka
Oikea	1,64	1,6	1,64	1,67	1,66	1,67	1,58	1,63	1,64	1,65	1,64	1,59
Keski	1,54	1,64	1,53	1,57	1,59	1,58	1,59	1,63	1,53	1,59	1,58	
Vasen	1,55	1,62	1,59	1,57	1,54	1,56	1,61	1,49	1,53	1,51	1,56	

**Flint Ace Full HD**

Linjaluku 220 l/cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ka	ka
Oikea	1,6	1,6	1,59	1,6	1,52	1,61	1,59	1,57	1,58	1,62	1,59	1,57
Keski	1,49	1,53	1,53	1,54	1,59	1,52	1,59	1,54	1,56	1,58	1,55	
Vasen	1,56	1,54	1,59	1,51	1,58	1,59	1,58	1,64	1,59	1,56	1,57	