



Uusiomateriaalista valmistetun muovikalvon painettavuus

Niko Niemi

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2020

Biotuote- ja prosessitekniikka
Paper & Packaging Technology

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikka
Paper & Packaging Technology

NIEMI, NIKO:

Uusiomateriaalista valmistetun muovikalvon painettavuus

Opinnäytetyö 51 sivua, joista liitteitä 16 sivua
Joulukuu 2020

Opinnäytetyö tehtiin Tampereen ammattikorkeakoulun paperi- ja pakkauslaboratorioon. Työn tarkoituksena oli selvittää uusiomateriaalista valmistetun muovikalvon painettavuutta. Muovikalvoille painettiin testikuva laboratorioluokan syväpainokoneella. Painojäljen laatua tarkasteltiin sekä visuaalisesti että mittauksilla. Näytteistä mitattiin densiteetti- ja CIELab-arvot. Painettavuutta testattiin myös IGT Heliotestillä. Heliotestissä tutkittiin puuttuvien rasteripisteiden määrää. Raaka-aineiden tiedot on piilotettu opinnäytetyön julkisesta versiosta.

Painetuista kalvonäytteistä todettiin jo silmämääräisesti, että ne jäävät laadultaan kauas referenssikalvoista. Kierrätysmateriaalin käyttö teki näytteiden pinnasta epätasaisen, mikä aiheutti puuttuvia pisteitä painettuun pintaan. Kolmeen kalvonäytteeseen lisätty lisäaine X teki painojäljestä mattamaisen, kun muissa näytteissä se oli kiiltävä. X:n lisääminen paransi jonkin verran pinnan sileyttä, mutta painoväri absorbointi heikkeni, mikä vaikutti taas kuvan terävyyteen. Näille näytteille ei suositella painettavan tarkempia kuvia tai tekstiä. Parhaat tulokset saatiin näytteistä, joissa kierrätysmateriaalin sekaan oli lisätty 10–30 % raaka-aine A:ta. Niissä densiteetti-arvot olivat vastaavia kuin referenssikalvoissa. CIELab-arvot erosivat jonkin verran referenssiarvoista, mutta silmämääräistä värieroa ei ollut nähtävissä. Heliotestissä mukaan otettiin myös yksi paperireferenssi. Heliotestissä ongelmia aiheutti painoväri oikea annostelu painotelalle. Referenssikalvoille pystyttiin painamaan onnistuneesti, mutta näytekalvojen painatus levisi niin paljon, ettei niistä pystytty tutkimaan puuttuvia pisteitä. Paperin ja muovikalvon pinnan sileyseroista saatiin kuitenkin tuloksia. Muovikalvossa esiintyi vähemmän rasteripisteiden katoamista kuin paperissa. Visuaalisesti painatus onnistui kuitenkin paremmin paperille, johon painoväri absorboi paremmin. Muovilla painoväri lähti leviämään ja kompaktikentän painatus jäi puutteelliseksi.

Näytekalvojen painojälki oli hyvää verrattuna siihen, että kalvoja valmistettiin ensi kertaa. Suuntaus on hyvä, ja jatkossa kannattaisi tutkia tarkemmin seosten raaka-ainejakaumaa. X:n käyttö täyteaineena ei ainakaan näillä parametreilla ole suositeltavaa. Myös muiden painomenetelmien testaamista suositellaan. Varsinkin fleksopainatuksen testaaminen olisi tärkeää, koska se on yleisin painotapa pakkausteollisuudessa.

Asiasanat: kierrätys, syväpaino, painettavuus, painojäljen laatu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Bioproduct & Process Engineering
Paper & Packaging Technology

NIEMI, NIKO
Printability of a Recycled Plastic Film

Bachelor's thesis 51 pages, appendices 16 pages
December 2020

This thesis was commissioned by the Paper and Packaging laboratory of Tampere University of Applied Sciences. The target of this study was to find out the printability of recycled plastic films. A test image was printed to these films with laboratory scale gravure printing machine. Print quality was examined visually and by measurements. Density and CIELab-values were measured from the samples. Printability was also tested with IGT Heliotest. The number of missing dots were calculated in Heliotest.

The studies shown that the quality of the printed film samples was not as high as the quality of the reference films. Use of recycled material made the surface of the samples uneven, causing missing dots on the printed surface. Density values were similar to those in the reference films. CIELab values differed from reference values, but no visual color difference was seen. In the heliotest, problems were caused by the correct dosing of the ink on the printing roll. The reference films could be printed successfully, but the printing of the sample films spread so much that it was not possible to examine the missing dots. However, results were obtained from the differences in the smoothness of the paper and plastic film surface.

The print quality of the sample films was good compared to the fact that the films were produced for the first time. The trend is good, and it would be worth to study the raw material distribution of the mixtures in more detail in the future. Testing of other printing methods is recommended. In particular, testing of flexographic printing would be recommended as it is the most common printing method in the packaging industry.

Key words: recycling, gravure printing, printability, print quality

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	FOSSIILIPOHJAISET MUOVIT	7
	2.1 Polyeteeni, PE.....	7
	2.1.1 PE-LD.....	8
	2.1.2 PE-HD	9
	2.2 Polypropeeni, PP	10
	2.3 Polyeteenitereftalaatti, PET.....	10
3	BIOMUOVIT.....	11
	3.1 Polylaktidi, PLA.....	11
	3.2 Green PE eli Bio-PE.....	11
4	PAINOMENETELMÄT	12
	4.1 Fleksopaino.....	12
	4.2 Syväpaino	14
	4.3 Painovärit.....	16
	4.3.1 Fleksopainovärit	17
	4.3.2 Syväpainovärit.....	17
	4.4 Painotestit	18
	4.4.1 Densiteetti	18
	4.4.2 CIELab	19
5	LAITTEISTO JA MATERIAALIT.....	20
	5.1 Muovikalvot.....	20
	5.2 RK K Printing Proofer -vedostuslaite.....	21
	5.3 Spektrofotometri.....	21
	5.4 IGT Heliotest AIC2-5.....	22
6	SUORITETUT TESTIT.....	24
	6.1 Painaminen	25
	6.2 Visuaalinen arviointi	25
	6.3 Väritestit	28
	6.3.1 Densiteetti	28
	6.3.2 CIELab	29
	6.4 Heliotest	30
7	POHDINTA	32
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	35
	Liite 1. Näyte 1.....	35
	Liite 2. Näyte 2.....	36

Liite 3. Näyte 3.....	37
Liite 4. Näyte 4.....	38
Liite 5. Näyte 5.....	39
Liite 6. Näyte 6.....	40
Liite 7. Näyte 7.....	41
Liite 8. Näyte 8.....	42
Liite 9. Näyte 9.....	43
Liite 10. Näyte 10.....	44
Liite 11. Näyte 11.....	45
Liite 12. Näyte 12.....	46
Liite 13. Heliotest. Näyte 1.....	47
Liite 14. Heliotest. Näyte 5.....	48
Liite 15. Heliotest. Näyte 9.....	49
Liite 16. Heliotest. Lumisilk-näyte.....	50

1 JOHDANTO

Uusiomuovimateriaalien käyttö ja kysyntä ovat jatkuvassa kasvussa. Ihmisten kuluttajakäyttäytyminen on siirtynyt ilmastoystävällisempään suuntaan, joka aiheuttaa yrityksille painetta tuottaa kierrätettyjä tai uusiutuvista lähteistä valmistettuja pakkausratkaisuja. Tässä työssä tutkittiin pakkauskäyttöön soveltuvia muovikalvoja ja niiden painettavuutta. Muovikalvojen valmistuksessa oli käytetty osaksi kierrätettyjä materiaaleja ja osaksi fossiilisia raaka-aineita.

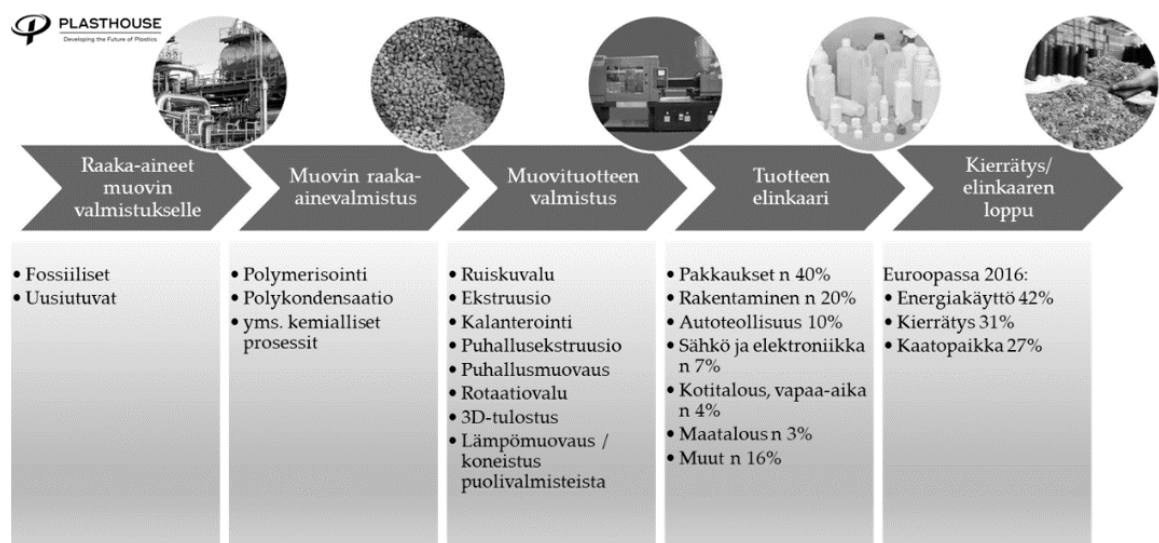
Opinnäytetyö tehtiin Tampereen ammattikorkeakoulun paperi- ja pakkauslaboratorioon. Laboratorio oli saanut käyttöönsä näytekalvoja, joiden painettavuutta ja painojälkeä haluttiin tutkia. Työn tarkoituksena oli selvittää, pystytäänkö muovikalvoille painamaan ja minkä laatuista painojälkeä niihin syntyy eri painotekniikoilla. Painettavuuden perusteella voitaisiin päättää, halutaanko kalvoille tehdä jatkotutkimuksia tai uusia kalvoeria.

Näytekalvoille tehtiin testipainatus laboratorioluokan syväpainokoneella. Alun perin oli tarkoitus tehdä testipainatus myös fleksopainolaitteella, mutta teknisien syitten takia tämä ei onnistunut. Painojälkeä tutkittiin visuaalisesti sekä mittaamalla densiteetti- ja CIELab-arvot. Tarkempaa rasteripisteiden arviointi tehtiin mikroskoopilla. Oleellisimmille näytekalvoille tehtiin myös Heliotest-syväpainatus. Heliotestissä mitattiin rasteripisteiden puuttumista.

Opinnäytetyössä käsitellään erilaisia fossiilipohjaisia muovilaatuja ja uudempia biomuoveja. Painomenetelmistä käydään läpi flekso- ja syväpainon teoriaa, painovärejä sekä testejä, joita painatusta tutkiessa yleisimmin suoritetaan. Työssä esitellään myös käytetty laitteisto sekä suoritettut testit ja niiden tulokset. Lopussa pohditaan tulosten syitä ja annetaan ehdotuksia jatkotoimenpiteistä.

2 FOSSILIPOHJAISET MUOVIT

Fossiilipohjaisia muoveja valmistetaan pääasiassa öljystä. Kun raakaöljyä jalostetaan tuotannon yhteydessä, syntyy monomeereja. Näitä orgaanisia yhdisteitä polymeroimalla, eli rakentamalla ketjuja, saadaan valmistettua muovia. Maailmalla käytetystä raakaöljystä noin 4–6 % käytetään muovituotteiden valmistukseen. Muoveja voidaan myös nykyään kierrättää, mikä on vähentänyt neitseellisen muovin käyttöä esimerkiksi pakkausteollisuudessa. (Plasthouse 2020.)



KUVA 1. Muovin matka (Plasthouse 2020.)

Erilaisia muovilaatuja on nykyään erittäin monia, kuten on myös niiden valmistusprosesseja. Niin sanottuja valtamuoveja, eli eniten käytettyjä muovilaatuja ovat Polyeteeni PE n. 30 %, Polypropeeni PP n. 20 % ja Polyeteenitereftalaatti PET n. 7 % kaikista valmistetuista muoveista. (Plasthouse 2020.)

2.1 Polyeteeni, PE

Polyeteeni (PE) kehitettiin 1900-luvun alussa Eugen Bambergerin ja Friedrich Tschirnerin toimesta. He kehittivät valkoisen, vahamaisen aineen, jonka he nimesivät polymeteeniksi. Brittiläiset kemistit E. Fawcett ja R. Gibson kehittivät tuotetta lisää ja he saivat eteenin polymeroitumaan polyeteeniksi. 1930-luvulla polyeteeni-

nistä valmistettiin jo kalvoa. Ensimmäisen kerran se pääsi massatuotantoon toisen maailman sodan aikana, kun liittoutuneet käyttivät sitä tutkakaapeleiden eristämiseen. Suomessa PE yleistyi 1960-luvulla ensin kalvoina ja myöhemmin 70-luvulla muovikasseina. Yleisesti ottaen PE:n keksiminen on muovialan tärkeimpiä saavutuksia ja nykyään se on maailman myydyin muovi. (Järvinen 2017, 20–24.)

Polyeteeniä jaotellaan kolmeen eri ryhmään tiheyden perusteella. Taulukosta 1 nähdään eri ryhmät. Näistä käytetyin on PE-LD, myös PE-HD:ta käytetään useissa tuotteissa. PE-MD on käytössä vain harvemmin. Tiheyden eroista huolimatta näillä tyypeillä on yhteisiä ominaisuuksia. (Järvinen 2017, 20–24.)

TAULUKKO 1. Polyeteeni ryhmät. (Järvinen 2017, 21.)

Pientiheyspolyeteeni PE-LD
Tiheys: 0,91–0,93 kg/dm ³
Keskitiheyspolyeteeni PE-MD
Tiheys: 0,93–0,95 kg/dm ³
Suurtiheyspolyeteeni PE-HD
Tiheys: 0,95–0,98 kg/dm ³

2.1.1 PE-LD

Pientiheyspolyeteeni eli PE-LD on käytetyin muovi. LD tulee sanoista low density. Pientiheyspolyeteenin molekyylissä on paljon sivuhaaroja, joten sen tiheys jää pieneksi. Ominaisuuksiltaan se on venyvä, kevyt ja taipuisa, myös kylmissä olosuhteissa. Se ei kuitenkaan kestä kuumaa. Nämä ominaisuudet tulevat hyvin esiin muovikassissa, joka on lisäksi kestävä ja omaa hyvän kosteussuojan. (Järvinen 2017, 24–26.)

Yleisin käyttökohde PE-LD:lle on pakkauskalvot, joita käytetään elintarvike-, teollisuus- ja kuluttajapakkauksiin. Sillä voidaan myös päällystää muita materiaaleja ekstruusiotekniikan avulla, esimerkiksi kartonkia. Ekstruusiopäällystettyä kartonkia käytetään sitten esimerkiksi maitopurkissa, johon kartonki luo rungon ja polyeteeni tuo kosteussuojan ja painettavan pinnan. Välillä pelkkä kosteussuoja

ei riitä tuotteeseen, vaan silloin polyeteeniä liitetään kaasunsuoja- eli barrier-materiaaliin kanssa esim. polyamidi. Muovikalvot liitetään toisiinsa adheesio- eli liimakerroksella. Tällöin syntyy monikerroskalvo, jolla on paremmat ominaisuudet esim. lihan säilyttämiseen. (Järvinen 2017, 24–26.)

2.1.2 PE-HD

Karl Ziegler kehitti suuritiheyspolyeteenin vuonna 1953. Ziegler sai kehitystyöstään Nobelin kemianpalkinnon 1963. Aluksi PE-HD:sta valmistettiin putkia. PE-HD on PE-LD:tä jäykempi ja hieman painavampi materiaali. Vaikka se on painavampi, se on silti vettä kevyempi. (Järvinen 2017, 30–31.)

PE-HD:ta voidaan muovata monipuolisesti ja sen ominaisuudet tulevat parhaiten esiin työstömenetelmiin perustuvissa käyttökohteissa. Näistä menetelmistä käytetyin on puhallusmuovaus. PE-HD:ta voidaan työstää myös putkiekstruusio-, puhalluskalvo- ja ruiskuvalutekniikoilla. Puhallusmuovauksella valmistetaan suurin osa läpinäkymättömistä, jäykistä ja pullomaisista muovipakkausastioista. Sellaisia ovat esimerkiksi pesuainepullot, kastelukannut, bensakanisterit ja jogurttipullot. Virvoitusjuomapulloja siitä ei kuitenkaan valmisteta, koska PE-HD:ta ei saa aivan lasinkirkaaksi. Tällöin käytetään PET-muovia, vaikka PE-HD onkin sitä kevyempää ja edullisempää. (Järvinen 2017, 30–31.)

Putket valmistetaan putkiekstruusiossa, jossa käytetään mustaa PE-HD:ta, jota kutsutaan usein PEHiksi. Puhalluskalvotekniikalla valmistetaan esimerkiksi kaupan muovikasseja sekä Hevi-osaston hedelmäpusseja. Pullonkorkkeja, mukeja, leluja sekä ämpäreitä valmistetaan PE-HD:sta ruiskuvalutekniikalla. Viime vuosina polypropeeni on korvannut PE-HD:ta tässä kategoriassa. Polypropeeni on iskulujempaa ja lämmönkestävämpää kuin PE-HD. Se ei kuitenkaan ole aivan yhtä jäykkää, mikä on tärkeää esim. pinottavissa laatikoissa. (Järvinen 2017, 30–31.)

2.2 Polypropeeni, PP

20 vuotta polyeteenin kehittämisen jälkeen kemistit Paul Hogan ja Robert Banks polymeroivat ensimmäistä kertaa polypropeenin. Polypropeeni (PP) on monikäyttöisempi kuin polyeteeni ja sillä on paremmat kylmänkestävyyden sekä iskunsiidon ominaisuudet. (Järvinen 2017, 34–37.)

Nykyään polypropeeni on Euroopan toiseksi käytetyin muovi. Sitä käytetään mm. auton sisäosissa, pakkauksissa kalvona sekä ruiskuvalettuna, mutta eniten polypropeenia käytetään kuiduissa. Kuiduista valmistetaan mattoja, köysiä, kankaita sekä muita vastavia tuotteita. (Järvinen 2017, 34–37.)

Polypropeenia on kolmea tyyppiä. Näitä ovat homopolymeeri, blokkikopolymeeri sekä satunnais- eli randomkopolymeeri. PP-homopolymeeri (PP-H) on perinteinen polypropeenin muoto. Siitä valmistetut tuotteet ovat samankaltaisia kuin PE-HD tuotteet. PP-H:lla on kuitenkin paremmat lämmönkesto ominaisuudet. PP-blokkikopolymeeri (PP-C) on propeenin ja eteenin yhteistuotos. Se kestää hyvin pakkasta ja siitä voidaan valmistaa juostavia tuotteita. PP-satunnaiskopolymeeri (PP-R) on läpinäkyvä tyyppi ja siitä on kehitelty lasinkirkkaita laatuja. (Järvinen 2017, 34–36.)

2.3 Polyeteenitereftalaatti, PET

Polyeteenitereftalaatti (PET) kehitettiin 1940-luvulla tekstiilikuituja varten. Vasta 90-luvulla sitä aloitettiin käyttämään monipuolisemmin ja se on ollut siitä asti käytetyin materiaali vesi- ja virvoitusjuomapulloissa. Sen käyttö on vain lisääntynyt vuosien myötä. (Järvinen 2017, 58–59.)

Vuonna 2008 Suomessa siirryttiin kierrättämään pulloja materiaalin kautta sen sijaan, että pullot vain pestäisiin ennen uutta käyttöä. PET:iä käytetään myös ruoanpakkausrasioissa. Ne ovat jäykkiä ja läpinäkyviä. Niihin pakataan mm. juustoja ja lihaa. PET:stä voidaan myös puhallusmuovata erilaisia purkkeja. Myös keinokuitukankaat, kuten fleece on tehty PET:stä. (Järvinen 2017, 58–59.)

3 BIOMUOVIT

Biomuoveiksi kutsutaan joko uusiutuvista luonnonvaroista peräisin olevia biohajoavia sekä kestäviä muoveja, tai fossiilista alkuperää olevia biohajoavia muoveja. (Järvinen 2017, 100.)

Muovi luokitellaan biohajoavaksi, jos se hajoaa mikrobitoiminnan vaikutuksesta vedeksi, hiilidioksidiksi ja energiaksi. Se voi hajota myös metaaniksi.

Biohajoavuus luokituksen saamiseksi pitää myös läpäistä tietyt standardit.

(Järvinen 2017, 100.)

3.1 Polylaktidi, PLA

PLA eli polylaktidi on kirkas, polystyreenin kaltainen biomuovi. Se on ehkä tunnetuin biohajoava muovi tällä hetkellä. Sitä valmistetaan esimerkiksi maissin sisältämästä maitohaposta. Myös muita viljalajikkeita käytetään ja lisäksi markkinoille on tulossa uusia ei-peltoperäisiä materiaaleja. (Järvinen 2017, 102–103.)

PLA on monikäyttöinen ja sitä voidaan käyttää monissa eri valmistus tavoissa esim. ruiskuvalu ja puhallusmuovaus. Sitä voidaan käyttää myös monissa loppuotteissa ja se kelpaa myös päällystysmateriaaliksi. (Järvinen 2017, 102–103.)

3.2 Green PE eli Bio-PE

Green PE on sokeriruosta valmistettua muovia. Se on ympäristöystävällisempää, koska siihen ei tarvitse käyttää fossiilisia raaka-aineita, kuten öljyä. Bio-PE:llä on kuitenkin samat ominaisuudet kuin tavallisella PE:llä. (Braskem 2020.)

Green PE:ä voidaan siis käyttää suoraan prosesseissa samalla tavalla kuin PE:tä, ja se on kierrätettävissä samalla tapaa kuin fossiilipohjainen PE. Sokeriruoko myös sitoo hiilidioksidia koko valmistusprosessin ajan ja, koska se ei ole biohajoavaa, hiilidioksidia ei myöskään enää vapaudu ilmaan. (Braskem 2020.)

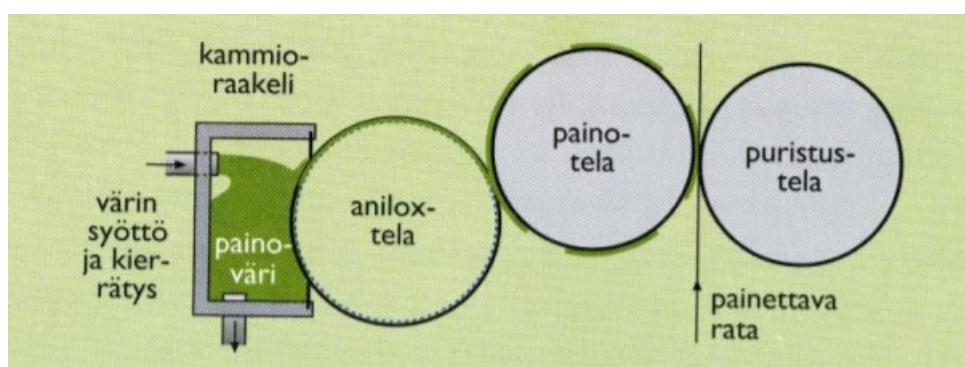
4 PAINOMENETELMÄT

Muovikalvon painamiseen hyvin soveltuvia painotapoja ovat syväpaino ja flek-sopaino. Myös muita tapoja käytetään, mutta nämä kaksi ovat ehkä yleisimmät. Muovikalvo ei absorboi painoväriä, eli väri ei imeydy muoviin, vaan se pitää kui-vattaa muovin pintaan. Tästä syystä tarvitaan erikoispainovärejä ja käsittelylait-teita muovin pintaominaisuuksien parantamiseksi. (Stafix 2020.)

4.1 Fleksopaino

Fleksopaino tai fleksografia on kohopainomenetelmä, jota käytetään erityisesti pakkausteollisuudessa. Kohopaino tarkoittaa sitä, että painolaatassa haluttu kuva on kohotettuna muusta laatan osasta, jolloin vain siihen osaan tarttuu väriä. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 75–76.)

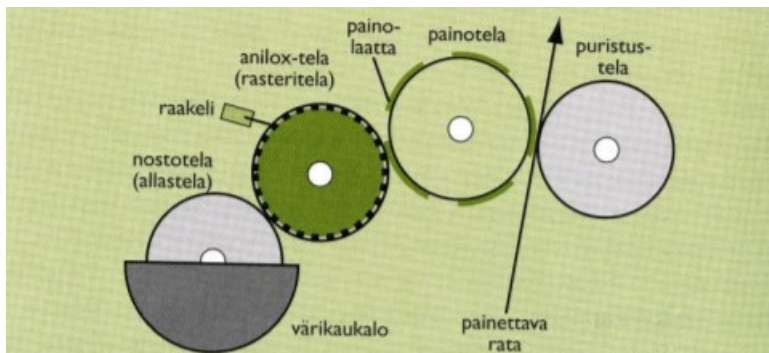
Fleksopainokone koostuu neljästä eri rakenteesta. Näitä ovat väriastia tai -kam-mio, anilox-tela (rasteritela), painotela ja puristus-tela. Painettava pinta kulkee pai-notelan ja puristustelan välistä, kuten kuvasta 2 nähdään. Lisäksi raakelin terä poistaa ylimääräisen värin anilox-telalta. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 75–76.)



KUVA 2. Kammiopainoyksikkö, jota käytetään uudemmissa fleksopainokoneissa. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri. 2010, 80.)

Anilox-tela siirtää painovärin painotelalle. Anilox-telalle väri voidaan siirtää eri tek-niikoilla. Vanhemmalla tekniikalla käytetään väriallasta ja nostotelaa,

joka nostaa värin altaasta ja siirtää sen anilox-telalle (Kuva 3). Uudemmissa koneissa väri säilytetään erillisissä väriastioissa, joista se pumpataan painoyksikön värikammioon. Kammiosta väri siirtyy suoraan anilox-telalle. Tämä tapa on esitelty kuvassa 2. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 80.)



KUVA 3. Perinteinen fleksopainoyksikkö. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri. 2010, 80.)

Anilox-telan tehtävä on siis siirtää sopiva määrä väriä painotelan pinnalle. Anilox-telat valmistetaan teräksestä, messingistä, kuparista tai keraamisesta materiaalista. Metallitelat yleensä kromataan käyttöiän pidentämiseksi. Kromauksen kanssa telan käyttöikä on noin 30–50 miljoonaa kierrosta. Keraamiset telat kestävät 5–10 kertaa pidempään, mutta se näkyy myös hinnassa. Aniloxin pinnassa on rasterikuppirakenne, minkä takia sitä kutsutaan myös rasteritelaksi. Rasterikuppien tilavuudella pystytään säätämään värin siirtymistä. Muita värin siirtymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat telan pintamateriaalin ominaisuudet, rasterikuppien muoto ja kuppi- eli linjatiheys. Lisäksi telan pitää olla tukeva rakenteinen eikä sen pyörimistarkkuus saa olla yli 0,01 millimetriä. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 79–82.)

Rasterikuppeja valmistetaan eri tavoilla. Ne voidaan joko pakottaa, syövyttää, timantti- tai laserkaivertaa. Kuppien muoto vaihtelee valmistustavan mukaan. Laserkaiverruksella saadaan aikaiseksi pyöreä kuppi, jonka painojälki on parempi muihin verrattuna. Kuppien lukumäärää päätetään kaiverrusvaiheessa. Pienemällä lukumäärällä voidaan valmistaa suurempia kuppeja, jolloin tilavuus on suurempi ja väriä siirtyy enemmän. Tiheämmin kaiverretulla aniloxilla värimäärä jää vähäisemmäksi, mutta kuvanlaatu paranee ja yksityiskohdat tulevat paremmin esiin. Käytännössä kupeissa olevasta väristä painotelalle siirtyy noin 70–80 %. Siirtyvän värin määrään vaikuttaa kupin muoto, seinämien sileys ja kärjen kulma.

Muita vaikuttavia asioita ovat värin viskositeetti ja pintajännitys sekä anilox- ja painotelan pintaominaisuudet. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri. 2010, 79–82.)

Raakelin terän tehtävänä on poistaa ylimääräinen väri anilox-telalta painonopeudesta riippumatta. Raakelin terä voi olla muovista, lasikuidusta tai metallista valmistettu. Sen paksuus on 0,1–0,2 mm ja leveys 2–5 cm. Raakeli voidaan sijoittaa anilox-telan yhteyteen tai värikammioon, jolloin teriä voi olla kaksikin. Raakeli-kulma voi olla negatiivinen tai positiivinen. Positiivinen kulma on ollut perinteinen, mutta sen huonona puolena on se, että terän pinta pyrkii nousemaan telan pinnasta isommilla nopeuksilla. Tätä ongelmaa ei synny negatiiviseen kulmaan asennetulla terällä, mutta terän sekä telan nopea kuluminen ovat negatiivisen kulman ongelmat. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 83.)

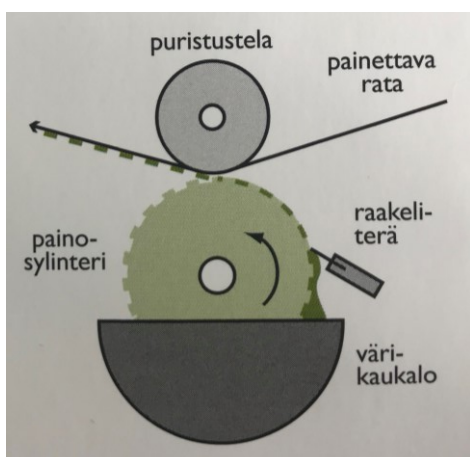
Painotela on yleensä teräsrakenteinen tela, johon painolaatat tai levyt kiinnitetään kaksipuoleisella teipillä. Yksittäisen telan lisäksi voidaan käyttää hylsyjä, jotka kiinnitetään metallitelaan paineilman avulla. Myös hylsyihin laatat kiinnitetään kaksipuoleisella teipillä. Hylsyty ovat nikkelistä tai lasikuidusta valmistettuja. Niitä voidaan varastoida painolaattoineen toistuvia töitä varten, joten ne ovat käytännöllisiä. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 84.)

Fleksopainossa käytetään kumi- tai fotopolymeeristä valmistettuja painolevyjä tai laattoja. Painolevyn kovuus vaikuttaa painojälkeen ja nippipuristuksiin. Jos levy on pehmeä, levyn pienet pisteet ja viivat eivät kestä vaan ne vääntyvät. Tästä seuraa huono painojälki. Kovemmat levyt taas siirtävät vähemmän painoväriä. Liian suuri nippipuristus aiheuttaa painolevyn muodonmuutoksia ja pisteiden kasvua. Heikko nippipuristus näkyy painojäljen puuttumisena ja huonona värin siirtona. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 76–77.)

4.2 Syväpaino

Syväpainomenetelmän rakenne on vähän yksinkertaisempi kuin fleksopainon. Painoyksikkö koostuu värikaukalosta, painosylinteristä, raakelistä, puristustelasta sekä kuivauksesta. Painosylinteriin kaiveretaan haluttu painoaihe ja koko

sylinteri kastellaan värikaukalossa. Tämän jälkeen raakelilla pyyhitään ylimääräiset värit pois, kuten kuvassa 4. Värit jäävät painosylinterin kuppeihin ja siirtyvät painettavalle pinnalle luoden halutun painojäljen. Syväpaino eroaa siis fleksopainosta erityisesti siinä, että painopinta sijaitsee ei-painavaa pintaa alempana, kun taas fleksopainossa asetelma on juuri toisinpäin. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 64.)

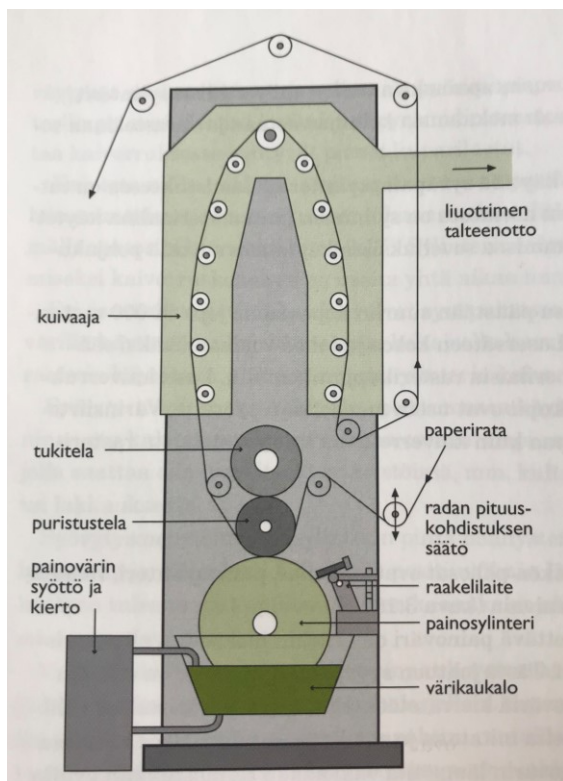


KUVA 4. Syväpainomenetelmä (Viluksela, Ristimäki & Spännäri. 2010, 64.)

Painosylinteri muodostuu teräsvaipasta, akseleista ja kuparipäällysteestä. Sylinterin rakenne riippuu koneen leveydestä, joka voi olla yli 4,3 metriä. Sylinterit ovat painavia, jopa yli 1000 kg. Sylinterit ovat uudelleen käytettäviä. Niiden kuparipäällyste poistetaan ajon jälkeen ja sylinteri kuparoidaan uudestaan. Kuparointi kestää yleensä noin kuusi ajoa. Sen jälkeen sylinteri on uudelleen kuparoitava. Kuparisylinteri voidaan myös kromata, jolloin sen painokestävyys kasvaa. Ajon jälkeen kromikerros poistetaan ja sylinteri uudelleen käytetään. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 64–66.)

Syväpaino koneessa voi olla 1–8 kappaletta painoyksiköitä. Kuvassa 5 on kuvailtu yksittäinen painoyksikkö. Jokaisessa on oma värinsä, eli jokaiselle värille valmistetaan oma painosylinteri. Painosylinteri pyörii värialtaassa eli se on koko ajan kosketuksissa värin kanssa. Väri siirtyy sylinterin rasterikuppeihin. Ylimääräinen väri poistetaan raakelin terällä niin, että väriä jää vain rasterikuppeihin. Raakelin terä on noin 0,15 mm paksu ja se on valmistettu teräksestä. Raakeloinnin tärkeitä muuttujia ovat raakelikulma ja raakelipaine. Kulma on noin 55–65 astetta. Paine pyritään säätämään sellaiseksi, että terän ja sylinterin väliin jää pieni

voiteleva värikerros. Näin estetään terän liiallista kulumista. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 67.)



KUVA 5. Painoyksikkö. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri. 2010, 68.)

Värinsiirto tapahtuu puristustelan ja painosylinterin välissä. Painonipissä väri siirtyy painettavalle pinnalle. Painovärin siirtymistä edistetään sähköavusteisella värinsiirrolla (ESA, Electro-Static Assistant). Painotela varataan sähköllä, ja painonipissä sähkövarattu painotela vetää painoväriä luokseen. Painonipin jälkeen rata siirtyy kuivaukseen. Painopinta kuivataan 40–60 asteisella ilmalla, jolloin siitä haihtuu pois painovärissä olevat liuottimet. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 67–69.)

4.3 Painovärit

Painoväreiltä vaaditaan tiettyjä ominaisuuksia, jotta painoprosessi olisi onnistunut. Näitä ominaisuuksia ovat hyvä ajettavuus, optiset ominaisuudet, adheesio, kestävyys, kierrätettävyyden sekä terveysturvallisuus. Viimeisin näistä on haastava, koska painovärit sisältävät usein liuottimia, jotka ovat terveydelle haitallisia. Painovärit sisältävät erilaisia komponentteja, joista pääkomponentteja ovat:

- pigmentti
- sideaine
- liuotin

Pigmentti luo halutun värivaikutelman ja tuottaa kontrastia painamattoman ja painetun pinnan välille. Sideaineen tehtävä on sitoa pigmentti painopintaan. Väriin siirto painopinnalle onnistuu, koska liuotin muuttaa värin juoksevaksi. Liuotin on tärkeässä asemassa myös painoväriin kuivumisessa, koska sen pois haihtuessa väri ”liimaantuu” painopintaan. Lisäksi painoväreihin lisätään erilaisia lisäaineita. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 128–129.)

4.3.1 Fleksopainovärit

Fleksopainovärien rakenne on esiteltyinä taulukossa 2. Taulukosta nähdään, montako prosenttia kutakin komponenttia on erityyppisissä painoväreissä.

TAULUKKO 2. Fleksopainovärien rakenne. (Oittinen & Saarelma. 2009, 47.)

	Liotin pohjainen	Vesipohjainen	UV-väri
Pigmentti	8–40 %	10–15 %	20–25 %
Liuotin	40–70 %	60–70 %	10–30 %
Sideaine	10–20 %	20–30 %	50–70 %
Lisäaine	1–3 %	5–10 %	5–10 %

4.3.2 Syväpainovärit

Syväpainovärien rakenne on esiteltyinä taulukossa 3. Taulukossa on esiteltyinä myös tyypillisimmät painoväriin komponentit.

TAULUKKO 3. Syväpainovärien ominaisuuksia. (Oittinen & Saarelma. 2009, 54.)

	Määrä	Tyypilliset komponentit
Pigmentti	5–20 %	Orgaaniset ja epäorgaaniset pigmentit
Liutin	30–70 %	Etyylialkoholi, etyyliasetaatti, vesi
Sideaine	10–40 %	Nitroselluloosa, akrylaatit, vinyylihartsit
Lisäaine	1–5 %	Vahat, liukuaineet, pinta-aktiiviset aineet
Täyteaine	0–10 %	

4.4 Painotestit

Painotesteissä arvioidaan painojälkeä visuaalisesti. Testeissä tehdään myös värimittauksia, joista analysoidaan tulokset. Visuaalisesti arvioidaan yleistä painojälkeä ja rasteripisteiden muotoa. Rasteripisteiden muodot pisteytetään välille 1–5, jossa 5 on laadukkain. Arvo 5:n perusteella rasteripiste on pyöreä ja tarkka. Arvo 4: hieman soikea. Arvo 3: hieman soikea ja piste laajenee. Arvo 2: Piste on soikea ja se laajenee. Arvo 1: Painatus on jäänyt vajaaksi. Painojäljestä arvioidaan silmämääräisesti painoväriin peittokyky täysin peittävästä ei peittävään (100–0 %). Mitattavia suureita ovat densiteetti sekä väriarvot $L^*a^*b^*$.

4.4.1 Densiteetti

Painojälkeä arvioidessa yleisimpiä mittauksia on densiteetin mittaaminen. Densiteetti kuvaa painopinnan tummuutta. Tummuus riippuu painovärikerroksen paksuudesta. Densiteetti kertoo myös painopinnan valon sitomis- ja heijastuskyvystä. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri. 2010, 147–149.) Densiteetin määritelmä on esitelty kaavassa 1:

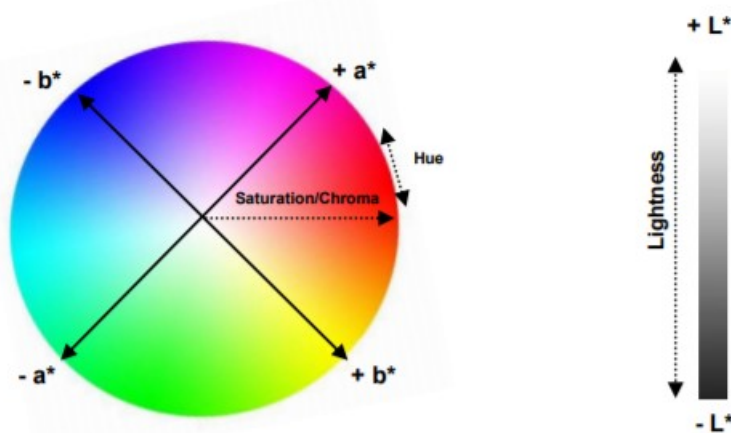
$$D = \lg \frac{I_0}{I} \quad (1)$$

jossa I_0 on painopintaan tulevan valon intensiteetti ja I on painopinnasta heijastuvan valon intensiteetti. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 149.)

Densiteettiä mitataan densitometrillä. Densitometrissä on valolähde, joka heijastaa optiikan läpi valoa painopintaan, josta se heijastuu värisuodattimien läpi densitometrin analysaattoriin. Laite analysoi mittauksen ja antaa tuloksen, joka on yleensä 0:sta 2–3:een. Lukema kasvaa sitä mukaa, mitä paksumpi painovärikerros on. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 148–149.)

4.4.2 CIELab

CIE $L^*a^*b^*$ on CIE:n (Commission Internationale d'Eclairage) vuonna 1976 julkaiseva väriavaruusmalli. CIELab:tä käytetään värierojen mittaukseen. $L^*a^*b^*$ koostuu värikartasta (a^* ja b^*) sekä valoisuus asteikosta (L^*), kuten kuvasta 6 nähdään. Sävyt määritellään numeerisesti negatiivisiksi ja positiivisiksi mittauksilla. Näihin mittauksiin käytetään spektrofotometriä. Värisävyt kulkevat vihreästä ($-a^*$) punaiseen ($+a^*$), sekä sinisestä ($-b^*$) keltaiseen ($+b^*$). Valoisuus asteikossa vaalea on ($+L^*$) ja tumma ($-L^*$) (Sappi 2013).



KUVA 6. CIELab. (Sappi 2020)

Spektrofotometriä käytetään värisävyjen numeeristen arvojen mittaamiseen. Laite valaisee mitattavan pinnan ja analysoi siitä heijastuvan valon aallonpituusjakauman. Tuloksista saadaan selville mitattavan pinnan numeeriset $L^*a^*b^*$ -arvot. Tuloksia käytetään laadunvalvonnassa painotuotannossa sekä tutkimus- ja kehitystoiminnassa. Tuloksista saadaan selville esim. värin sävy, kylläisyys, vaaleus, värialala ja väriero. (Viluksela, Ristimäki & Spännäri 2010, 149–152.)

5 LAITTEISTO JA MATERIAALIT

5.1 Muovikalvot

Työssä testattiin yhteensä 12:sta eri muovikalvoa. Neljä näistä kalvoista oli referenssinäytteitä ja kahdeksan varsinaisia näytekälvoja, joita haluttiin testata. Referenssinäytteiden mittauksista saatiin vertailuarvot, joita voitiin verrata näytekälvojen tuloksiin. Referenssinäytteinä toimivat fossiilinen A-kalvo, kierrätysmuovista valmistettu B-kalvo, fossiilinen C-kalvo ja sokeriruo'osta valmistettu D-kalvo.

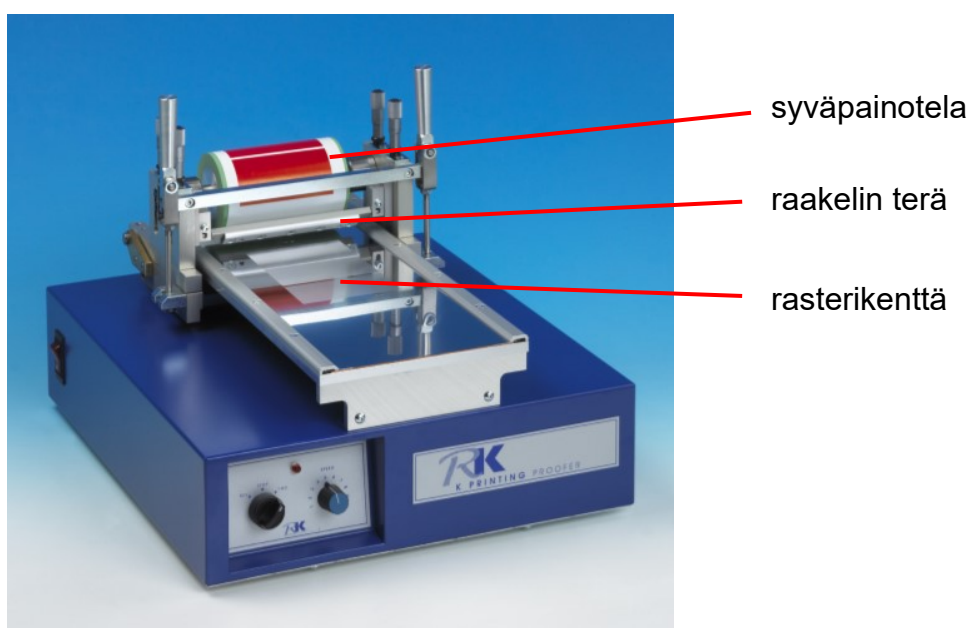
Testattavat kalvot on esitelty taulukossa 4. Näytekälvot sisälsivät eri suhteissa raaka-aine A:ta ja B-kierrätysmateriaalia. Joihinkin kalvoihin oli lisätty myös lisäaine X:ää. Kalvojen ylä- ja alapinnat olivat identtiset, sillä erotuksella, että yläpinta oli saatu sileämmäksi chill-roll-telalla. Painatukset suoritettiin tälle sileälle pinnalle. Kalvojen pintakerrokset olivat $\frac{1}{4}$ koko kalvon paksuudesta, ja keskikerros $\frac{1}{2}$ koko kalvon paksuudesta. Poikkeuksena kalvo 7, jossa kerrokset olivat yhtä paksut.

TAULUKKO 4. Testattavat näytteet.

Näytteen nimi	Pintakerroksen materiaali	Keskikerroksen materiaali
Näyte 1	A	A
Näyte 2	B	B
Näyte 3	A	B
Näyte 4	A	B + 10 % A
Näyte 5	A	B + 20 % A
Näyte 6	A	B + 30 % A
Näyte 7	A (Kerrokset yhtä paksut)	B + 20 % A
Näyte 8	A + 10 % X	B + 20 % A
Näyte 9	A + 20 % X	B + 20 % A
Näyte 10	A + 30 % X	B + 20 % A
Näyte 11	C	C
Näyte 12	D	E

5.2 RK K Printing Proofer -vedostuslaite

Näytteiden painaminen suoritettiin RK PrintCoat Instrumentsin kehittämällä vedostuslaitteella. Laitetta käytetään, kun halutaan painaa pieniä määriä painovedoksia tutkimus- ja laadunmääritys tarkoituksiin. Laitteella voidaan painaa eri painotekniikoilla. Laitteen perusrunko on aina sama, mutta siihen voidaan vaihtaa, joko syväpaino-, fleksopaino- tai syväpaino offsettela, kuten kuvasta 7 nähdään. Testimateriaaliksi sopivat melkein kaikki joustavat painomateriaalit. (RK Print. 2020.)



KUVA 7. RK-vedostuslaite syväpainotelalla. (Testing Machine 2020)

Tämän työn painatukset suoritettiin syväpainoversiolla. Syväpainotelaa käyttävässä versiossa painopinta on kaiverrettu laitteen tasopintaan samalla tekniikalla, kuin varsinaiset syväpainotelatkin kaiverretaan. Painopinnan rasterisyvyys oli noin 20 mikronia. Painavan pinnan leveys oli 120 mm ja korkeus 155 mm. Laitteen nopeutta pystyi säätämään asteikolla 0–10 ja nippipuristukset pystyi valikoimaan haluamukseen. Maksimi painonopeus laitteella oli 40 m/min. (RK Print. 2020.)

5.3 Spektrofotometri

Densiteetti ja CIELab mittauksissa käytettiin X-Riten eXact-spektrofotometriä. Laite on esitelty kuvassa 8.

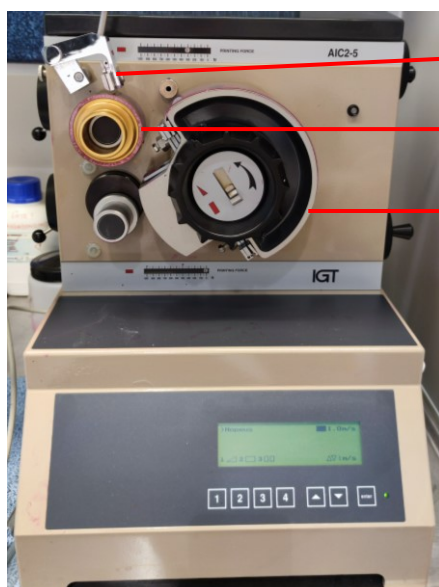


KUVA 8. X-Rite eXact. (X-Rite 2020)

Spektrofotometrillä mitataan väriä. Mittarissa on myös densitometrin ominaisuudet eli sillä voidaan mitata värin densiteetti.

5.4 IGT Heliotest AIC2-5

IGT Heliotest on tarkoitettu syväpainon painolaadun arviointiin. Koska materiaalin painettavuus on riippuvainen sen monista eri ominaisuuksista, voidaan heliotes- tillä helposti testata syväpainamisen soveltuvuutta materiaalille. Käytetty laite on esitelty kuvassa 9. Heliotest on CTP:n kehittämä. (IGT 2020.)



raakelin terä

syväpainotela

puristustela/painoalusta

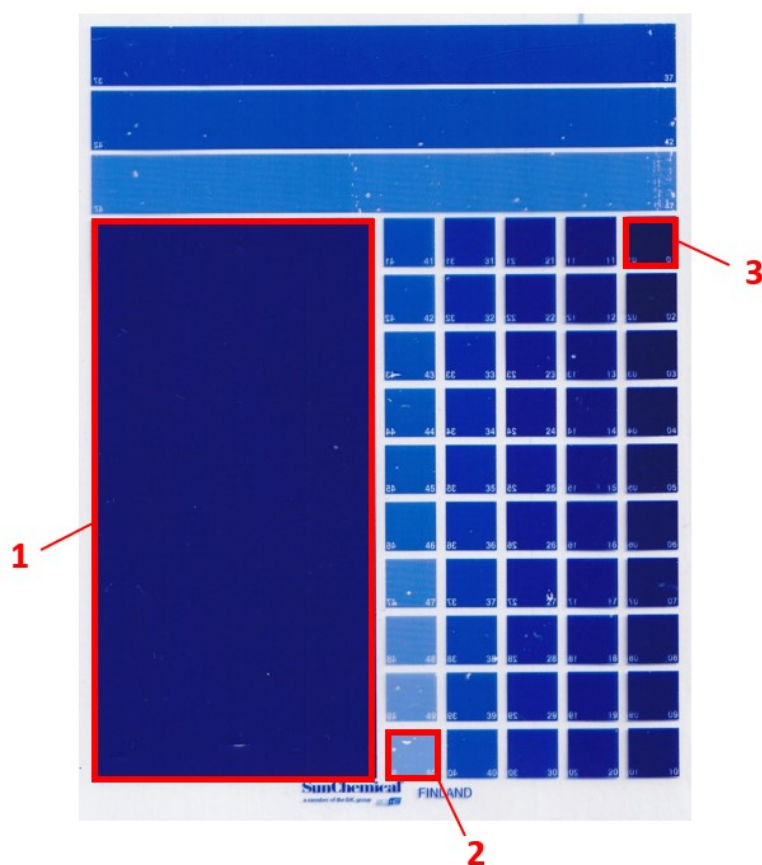
KUVA 9. IGT Heliotest.

Heliotest-laitteisto koostui syväpainon tapaan kaiverretusta painotelasta sekä puristustelasta. Lisäksi painotelan yhteydessä oli raakelin terä, jolla poistettiin ylimääräinen painoväri painotelan rasterikupeista. Heliotestissä painoväriä käytettiin laitetta varten valmistettua erikoispainoväriä.

Painotelaan oli kaiverrettu yksi kompaktipinta yleistä laadun tarkastelua varten, sekä säilyttään portaattomasti muuttuva rasteripistepinta, jonka vierellä juoksi numerointi 0–11 cm. Muuttuva rasteripinta on tarkoitettu puuttuvien rasteripisteiden laskemiseen. Puuttuvia pisteitä lasketaan 20 ja katsotaan vierellä kulkevasta mittanauhasta, montako senttiä tarvitaan, että 20 puuttuvaa pistettä tulee täyteen. Puuttuvien pisteiden määrä kertoo pinnan karheudesta ja/tai sileydestä. Mitä pidemmän matkaa pystytään mittaamaan siihen, että 20 pistettä tulee täyteen, sitä paremmin materiaali soveltuu syväpainatukseen. (IGT 2020.)

6 SUORITETUT TESTIT

Kahdestatoista näytesarjasta valittiin jokaisesta kaksi testikalvoa. Kalvoista leikattiin sopivan kokoiset testipalat. Niihin painettiin testikuva RK Printin syväpainolaitteella. Rasterikuvan koko oli 120 x 155 millimetriä. Painettu näytekalvo on esitelty kuvassa 10. Näytekalvossa on rasterikentät numeroituna 1–50, iso kompaktikenttä ja kolme kenttää, jotka ovat suurennoksia pienistä rasterikentistä numerot 37, 42 ja 47. Kuvaan 10 on merkattu alueet, joita tullaan analysoimaan väritesteissä ja visuaalisissa arvioissa. Kenttä numero 1 on täysin peittävä painopinta, josta voidaan tutkia painopinnan laatua silmämääräisesti. Kenttä numero 2 on rasteritiheydeltään näytteen harvapisteisin. Sen linjatiheys on 95 linjaa/sentti. Kenttää käytettiin rasteripisteiden tutkimiseen, koska pisteet erottuivat siitä parhaiten. Kenttä numero 3 on myös täysin peittävä painopinnaltaan. Sitä käytettiin väritesteissä sen standardoidun koon vuoksi, silloin testeistä saatiin luotettavat tulokset.



KUVA 10. Esimerkki kuva painonäytteestä 1.

6.1 Painaminen

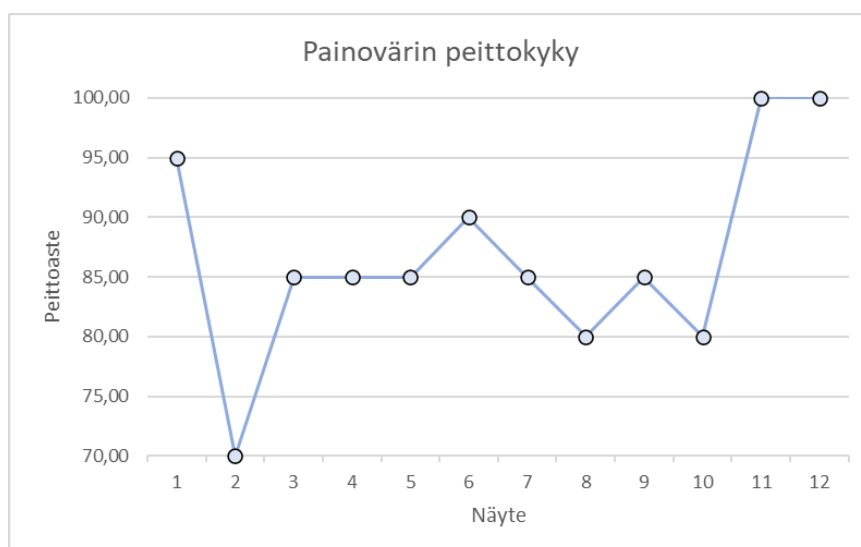
Painaminen aloitettiin leikkaamalla kalvoista 140 x 230 mm kokoiset arkit. Leikatut arkit vietiin vedostuskoneelle, jossa ne kiinnitettiin painonippiin teipillä. Painonipin puristukset oli asetettu valmiiksi 20–25 N välille.

Painonopeudeksi asetettiin 4, asteikolta 0–10, jossa maksimi painonopeus on 40 m/min. Tämän jälkeen tela lukittiin paikoilleen ja annosteltiin painoväri. Työssä käytettiin Sun Chemicalsin PMS Dark Blue fleksopainoväriä. Painoväri on tarkoitettu muovifilmin painamiseen. Painoväri sekoitettiin ennen käyttöä ja sitä annosteltiin pipetillä pieni määrä raakelin terän etupuolelle.

Laitteesta painettiin käynnistysnappia, jolloin raakelin terä levitti painovärin rasterikuppeihin. Samalla painotela pyörähti painopinnan ylitse, jolloin väri tarttui painettavaan pintaan. Kalvo irrotettiin painotelasta ja painopinta pestiin etanolilla. Tämän jälkeen prosessi voitiin toistaa alusta.

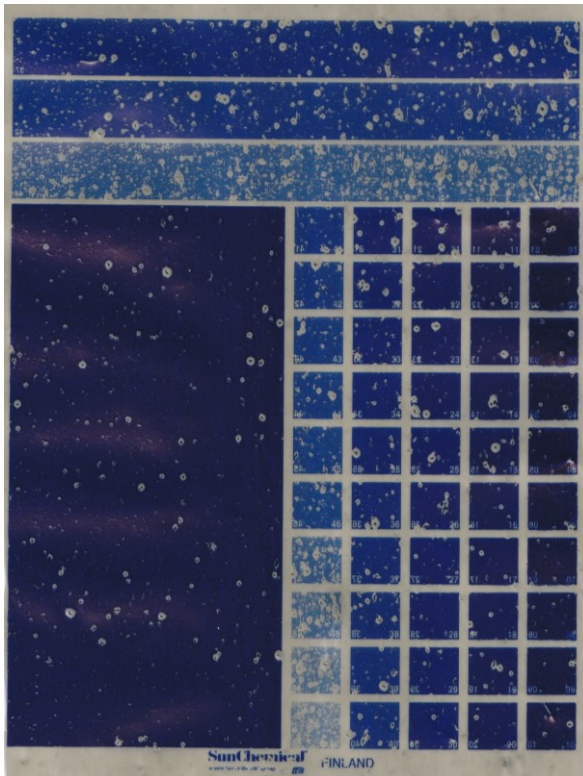
6.2 Visuaalinen arviointi

Näytteet arvioitiin visuaalisesti paljaalla silmällä sekä luupilla. Silmämääräisesti arvioitiin painovärin peittokykyä kompaktikentästä, kenttä numero 1. Tarkastelun tulokset on esitelty kuviossa 1.



KUVIO 1. Painovärin peittokyky visuaalisesti arvioituna.

Tarkastelusta käy ilmi, että painoväriin peittoaste jää kohtuu alhaiseksi testinäytteissä. Referenssi näytteet ovat laadukkaampia, pois lukien näyte 2, esitelty kuvassa 11, joka odotetusti oli huono laatuinen kierrätyksen takia.

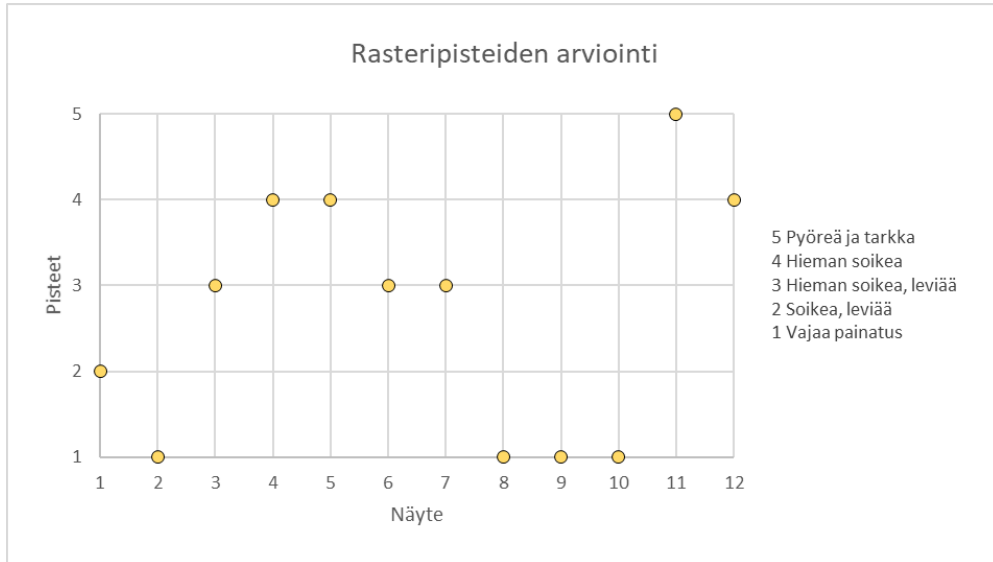


KUVA 11. Näyte 2 painettuna.

Kierrätysmateriaalina siihen on jäänyt epäpuhtauksia, jotka vaikuttavat pinnan siileyteen ja tätä myöten painatuksen laatuun. Taulukosta 4 luettavat näytteet 4–6 pärjäävät kohtalaisesti ja vaikuttaakin siltä, että A:n ja B:n sekoituksella voidaan päästä hyviin tuloksiin kehitystyötä jatkamalla. Tällä hetkellä painojälki ei ole vielä kaupallisella tasolla. X:n lisääminen tekee näytteiden 8–10 pinnasta mattamaisen. Kalvonäytteiden pintaan ei myöskään ole tarttunut niin paljon painoväriä, kuin muihin kalvoihin. C:stä valmistetut kalvot ovat testin laadukkaimmat painojäljeltään.

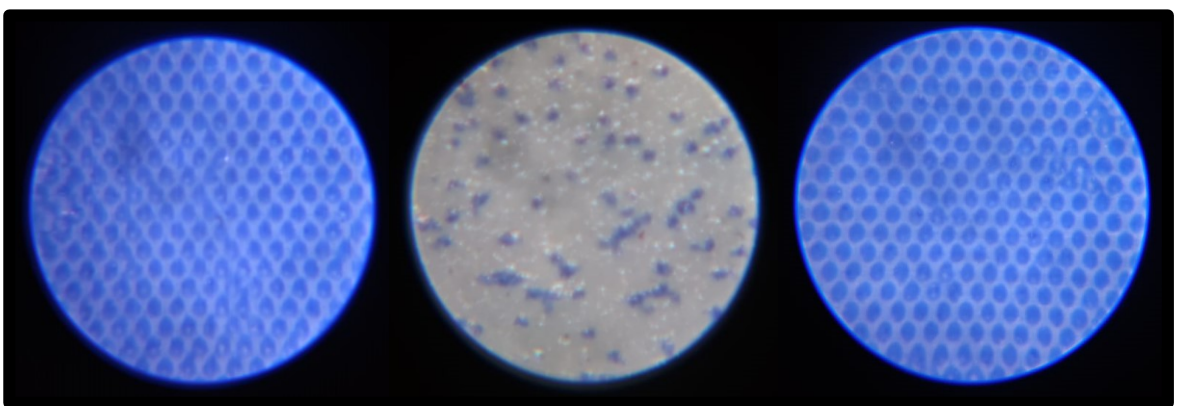
Rasteripisteiden arvioinnissa käytettiin apuna luuppia. Rasteripisteistä tutkittiin tarkemmin niiden pyöreyttä ja laajenemista. Pisteet taulukoitiin kuvioon 2, josta nähdään, miten rasteripisteet on arvioitu niiden laadun mukaan. Tästäkin huomataan, että A:n ja B:n sekoituksella päästään hyviin tuloksiin, jopa lähelle C:n tasoa. Näyte 11 on fossiilisuutensa takia testien laadukkain. Muovigranulaatin kierrättämättömyys takaa C:lle tasaisen ja kirkkaan pinnan. Verrattaessa sitä

näytteeseen 1 huomataan, että A ei aivan yllä C:n tasolle. Vaikka visuaalisesti molemmat ovat laadukkaita, luupin alla huomataan, että näyte 1:n painatus on soikeaa ja se leviää. Osa syynä tähän voi olla A-kalvossa oleva raitaisuus, joka on syntynyt sen valmistus vaiheessa.



KUVIO 2. Rasteripisteiden arviointi asteikolla 1–5.

Näytteet 8–10, joihin on lisätty X:ää, erottuvat muista kalvoista. Talkin muodostama mattamainen pinta ei näytä absorboivan painoväriä niin hyvin kuin muut kalvot. Kuvasta 12 nähdään, että näytteen 8 painatus jää erittäin vajaaksi verrattuna näytteisiin 6 ja 11.



KUVA 12. Näytteet 6, 8 ja 11.

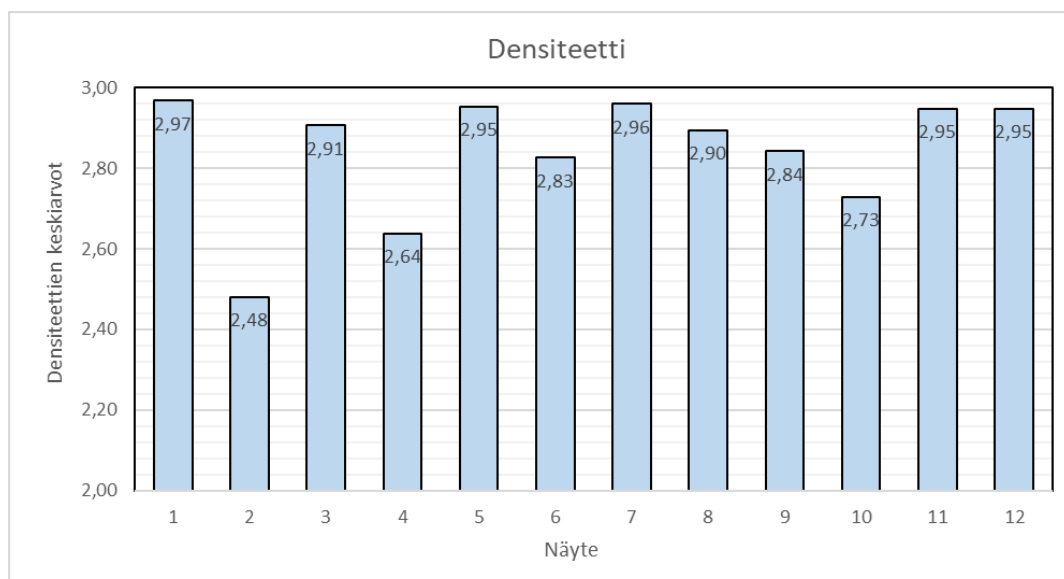
Näytteen 6 rasteripisteet näyttävät melkein yhtä teräviltä kuin referenssinäytteen 11. Tätä voidaan pitää hyvänä merkinä siitä, että pienelläkin hienosäädöllä voi näytteestä 6 saada markkinakelpoisen.

6.3 Väritestit

6.3.1 Densiteetti

Densiteetti mittaukset valittiin tähän työhön, jotta saataisiin tietoa kalvojen pinnan sileydestä värikerroksen paksuuden avulla. Mittauksella selviää myös materiaalin vaikutus värin tummuuteen. Mittaukset tehtiin X-Riten eXact-spektrofotometrillä. Laitteesta käytettiin densitometri-ohjelmaa. Ohjelma sisältää densiteetin mittauksen. Ensimmäiseksi laite vaati kalibroinnin, joka suoritettiin laite auki asennossa. Laitteen annettiin olla auki ja painettiin aloita nappia, jolloin se kalibroi itsensä automaattisesti. Kalibroinnin jälkeen voitiin siirtyä mittauksiin. Laite vaati pohjamateriaalin mittauksen ennen ensimmäistä mittausta. Pohjana käytettiin valkoista paperia, jolla saatiin K-pohja-arvoksi 0,00. Mittaukset suoritettiin paperiasetuksella, koska pohjana käytettiin paperia.

Ensimmäinen mittaus aloitettiin laite auki asennossa, densiteetin mittausohjelma päällä. Laitteen kansi suljettiin, jolloin laite käynnisti mittauksen. Mittauksen jälkeen laitteen kansi avattiin uudelleen. Tällöin densiteetti arvon saattoi lukea laitteen näytöstä. Arvo liikkui 2,00–2,99 välillä. Jokaisesta kalvosta suoritettiin kuusi mittausta variaation varmistamiseksi. Mittaukset tehtiin kentästä numero 3. Näistä kuudesta arvosta laskettiin keskiarvo, ja koska näytteitä oli kaksi per kalvo, laskettiin vielä keskiarvo näiden kahden väliltä, jotta saatiin selkeää dataa esiteltäväksi kuvioon 3.

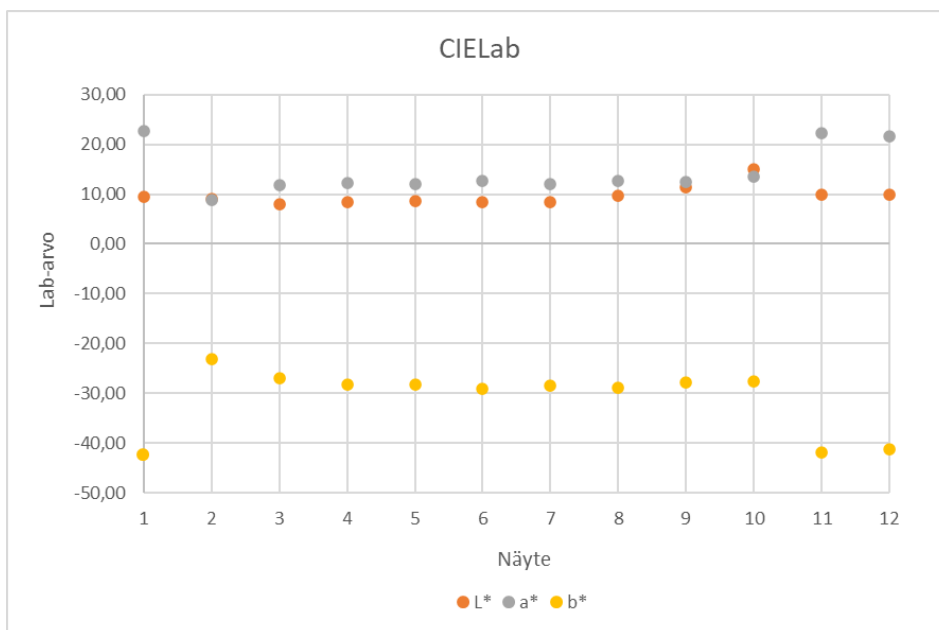


KUVIO 3. Densiteettien keskiarvot.

Kuviosta 3 nähdään, että näytteet 1, 5, 7, 11 ja 12 ovat mittauksen tummimmat ja värikerrokseltaan paksuimmat. Ne ovat myös luultavasti testien sileimmät, koska painovärikerros levittyy niihin tasaisen paksusti. Näytteen 2 alhaisempi densiteetti arvo selittynee pinnan epätasaisuudella. Näytteen 4 densiteettiin ei löydy suoraa syytä, mutta näytteen 10 arvo selittyy lisäaineen X määrällä. Näytteistä 8–10 nähdään X:n lisäämisen vaikutus absorboituvaan värikerrokseen. X:n määrän kasvaessa kalvon pintaan tarttuu vähemmän painoväriä ja densiteetti jää matalammaksi.

6.3.2 CIELab

CIELab-mittaukset valittiin tehtäväksi tässä työssä, koska niiden avulla saadaan hyvin selville, millaisia vaikutuksia eri materiaaleilla on värin sävyyn. $L^*a^*b^*$ -mittaukset tehtiin X-Riten eXact-spektrofotometrillä. Laitteesta käytettiin $L^*a^*b^*$ -arvojen mittaukseen käytettävää ohjelmaa. Toiminta periaate oli sama kuin densiteetti mittauksissa eli laitteen kansi avattiin ja suljettiin, jolloin se suoritti mittauksen automaattisesti. Tulokset luettiin laitteen näytöltä. Mittauksia tehtiin kolme jokaisesta kalvosta käyttäen kenttää numero 3. Spektrofotometri mittaa samalla mittauksella arvot L^* , a^* ja b^* . Tulokset on esitelty alla kuviossa 4.



KUVIO 4. $L^*a^*b^*$ -arvot.

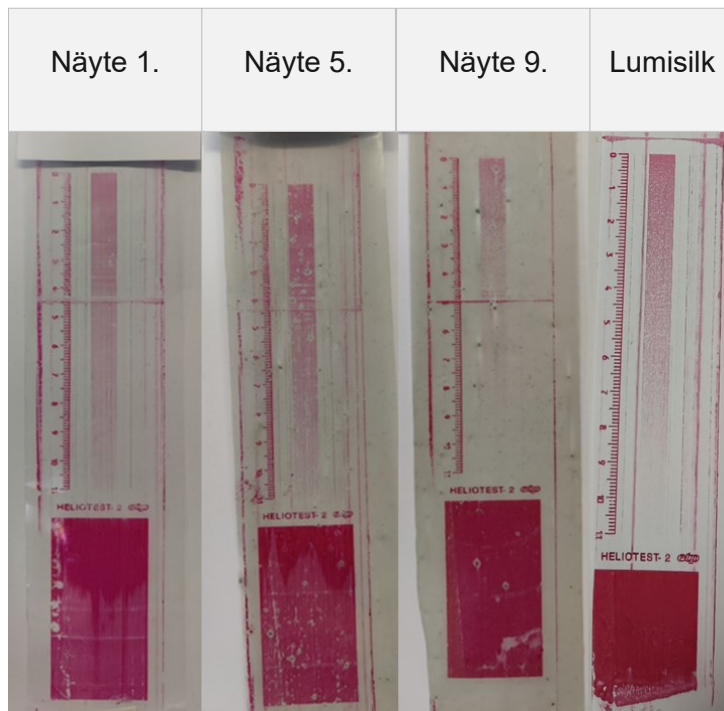
Kirkkaille kalvonäytteille 1, 11 ja 12 saatiin lähes identtiset tulokset. Referenssi-näyte 2 erottuu joukosta tässäkin mittauksessa. Muiden näytteiden tulokset noudattavat samaa kaavaa. Tulos on odotetun kaltainen, koska näytteiden materiaaleissa ei ole suuria eroja. Näytteet 9 ja 10 eroavat kylläkin L^* - ja a^* -arvoillaan. X:n lisääminen kalvoihin näyttää vaikuttavan myös värisävyyden jonkin verran. Toisaalta näytteen 8 väriarvot noudattelevat yleistä jakaumaa, joten sen sisältämä X:n osuus ei ole tarpeeksi merkittävä. Yhteenvetona voitaisiin sanoa, että tässä tapauksessa pohjamateriaalin kirkkaudella ja kiillolla on suurin merkitys värin $L^*a^*b^*$ -arvoihin.

6.4 Heliotest

Heliotestiin valittiin muutama kalvonäyte, joita haluttiin testata lisää. Testiin valittiin näytteet 1, 5 ja 9, koska niistä nähdään keskimääräiset tulokset kaikille kalvoille. Testiin valittiin myös yksi paperinäyte; Lumisilk -päällystetty paperi. Tällöin saatiin vertaisarviota millainen painojälki voisi parhaimmillaan olla. Näytteistä leikattiin 50 x 300 mm kokoiset arkit. Jokaisesta näytteestä tehtiin kaksi painosta.

IGT Heliotest käynnistettiin ja valittiin standardin mukainen painonopeus 1,0 m/s sekä puristusvoima 300 N. Näytteet kiinnitettiin yksi kerrallaan puristustelaan siinä olevilla klipseillä. Tämän jälkeen painotela kiinnitettiin sille tarkoitettuun sylinteriin. Sylinterin yhteydessä ollut raakelin terä asetettiin kiinni painotelaan, raakelointi valmiuteen. Painotelan pinnalle annosteltiin muutama tippa punaista IGT-painoväriä. Painotelaa pyöritettiin käsin noin kolme kierrosta painovärin levittämiseksi rasterikuppeihin. Tämän jälkeen puristustela asetettiin koneen määrittämään aloitus asentoon ja painotela käännettiin vivusta off-asennosta on-asentoon. On-asennossa painotela kiinnittyy puristustelaan.

Tässä vaiheessa alkuvalmistelut oli tehty ja painaminen voitiin suorittaa painamalla samanaikaisesti käynnistys nappeja laitteen molemmin puolin. Puristustela heilahti vastapäivään noin 180 astetta, jolloin siinä kiinni oleva painotela kääntyi myötäpäivään. Pyörähdysten aikana painoväri siirtyi rasterikuppeista näytteeseen. Näyte irrotettiin klipseistä ja painotela pyyhittiin puhtaaksi alkoholilla. Painatuksen tulokset nähdään kuvasta 13.



KUVA 13. Heliotest painetut näytteet.

Painamisessa hankaluutta tuotti painoväriin annostelu, koska muovimateriaali ei absorboi väriä juurikaan. Painoväriä piti lisätä vain pieni määrä, jotta se ei levinnyt näytteen pinnalla. Jos taas väriä annosteltiin liian vähän, painos jäi puutteelliseksi. Tasapainoilu näiden ongelmien välillä tuotti hankaluuksia.

Yhteenvedona heliotestistä voidaan sanoa, että sillä saatiin hyvää tietoa materiaalin soveltumisesta syväpainoon. Tulokset olivat vastaavanlaisia kuin syväpainetuilla kalvoilla. Lumisilk-paperi oli painojäljeltään hieman laadukkaampi paremman väriin absorbointinsa takia. Vertaillen puuttuvien pisteiden määrää huomattiin kuitenkin, että Lumisilk-paperilla 20 pistettä tuli täyteen jo 0,4 cm matkan jälkeen. Referenssinäytteellä 1 puuttuvat pisteet tulivat täyteen vasta 2,4 cm kohdalla. Huomioiden materiaalien pinnan sileydet, tämä oli odotettavaa. Painoprosessin onnistuessa oletettavasti myös muut muovinäytekalvot olisivat ylittäneet 0,4 senttimetrin etäisyyden.

Painoprosessin hankaluuksien vuoksi puuttuvien pisteiden mittaaminen ei onnistunut näytteestä 5. Näytteen pinnalla tapahtui väriin leviämistä, minkä vuoksi siitä ei ollut mahdollista mitata pisteitä. Näytteen 9 kohdalla todettiin sama lopputulos kuin syväpainossa. X:n lisäyksen takia kalvo ei absorboinut painoväriä tarpeeksi, jolloin rasteripisteiden määrää ei pystytty laskemaan.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja mitata uusiomateriaalista valmistetun muovikalvon paino-ominaisuuksia. Kalvojen valmistus oli osa uutta kierrätysohjelmaa. Kalvojen painatuksella ja painojäljen testaamisella saatiin tutkimustulosta, jota voidaan käyttää jatkossa uusien tutkimusten vertailupohjana. Työstä olisi saatu laajempaa tutkimustulosta, jos siihen olisi saatu tuloksia myös flekso-painetuista kalvoista. Syväpainatuksella saatiin kuitenkin osviittaa mihin suuntaan kalvoja ja painatusta pitäisi kehittää.

Saadut tulokset olivat hyviä siihen nähden, että kalvomateriaali oli nyt ensitesissä. Yleiseltä laadultaan painetut näytteet eivät vielä ole pakkausmateriaalille vaaditussa laatuluokassa. Kalvon pinnan epätasaisuus loi painopintaan tyhjiä rasteripisteitä, vaikkakin pisteiden laatu ja terävyys olivat hyvällä tasolla suurimmassa osassa kalvoja. Näytteet, joihin oli lisätty lisäainetta, eivät absorboineet painoväriä tarpeeksi, jolloin niihin ei oikeastaan syntynyt rasteripisteitä vaan epäsymmetrisiä painoväri roiskeita. Tästäkin huolimatta täysin peittävä kompaktipinta oli sileämpi näissä näytteissä, kuin muissa. Lisäaine X teki pinnasta mattamaisen ja sileän, kun muilla kalvoilla pinta oli kirkas ja karhea. Näille kalvoille ei suositella painettavan tarkempia kuvia tai tekstiä, koska lopputuloksesta ei saada laadukasta.

Väritesteissä ja visuaalisessa tarkastelussa parhaiten referenssikalvoja vastasivat näytekalvot, joiden raaka-aineseos sisälsi 10–30 % lisättyä raaka-aine A:ta kierrätysmateriaalin B seassa. Näissä näytekalvoissa densiteetti-arvot vastasivat referenssikalvojen arvoja. CIELab-arvot erosivat jonkin verran referenssiarvoista, mutta silmämääräistä värieroa ei ollut havaittavissa. Suurimmaksi osaksi pinnan epätasaisuus aiheutti sen, että näytekalvot eivät olleet yhtä laadukkaita kuin referenssi kalvot.

Heliotestin tuloksien tulkintaa vaikeuttivat ongelmat painoväriin leviämisen kanssa. Referenssikalvolle ja paperireferenssille pystyttiin painamaan onnistuneesti, mutta näytekalvojen painatus levisi tai se oli niin epäselvää, ettei niistä pystytty tutkimaan puuttuvia pisteitä. Referenssikalvoa ja paperikalvoa voitiin

vertailla. Puuttuvia pisteitä esiintyi vähemmän referenssikalvossa, mutta kompaktipinnan laatu oli huomattavasti parempi paperilla, koska siinä painoväri ei levinnyt.

Vastaisuudessa suositellaan tutkittavaksi, miten näytekalvon pinnasta saisi siileämmän. Kierrätysmateriaaliseoksen käyttöön kannattaisi hakea vielä tarkempia vaihteluvälejä. Myös lisäaineen lisäämistä pienempinä määrinä suositellaan kokeiltavaksi. Näytekalvoja voisi valmistaa myös esimerkiksi Green PE:n ja kierrätysmateriaalin seoksesta. Muita suositeltavia toimenpiteitä ovat eri painotapojen testaaminen. Erityisesti näytteiden painamisesta fleksotekniikalla voitaisiin saada hyviä vertailutuloksia tämän työn tuloksiin.

LÄHTEET

Braskem. Bio-PE. Luettu 7.5.2020.

<http://plasticoverde.braskem.com.br/site.aspx/lm-greenTM-Polyethylene>

IGT. Information leaflet W41. Luettu 24.11.2020.

<https://www.igt.nl/wp-content/uploads/W41.pdf>

Järvinen, P. 2017. Muovit ja muovituotteiden valmistus. Porvoo: Muovifakta Oy.

Plasthouse. Muovien matka. Luettu 7.5.2020.

<https://plasthouse.fi/mista-muovit-valmistetaan-ja-miten-biomuovit-siihen-liittyy/>

RK Print. n.d. K Printing Proofer-vedostin. Luettu 18.11.2020

<https://www.rkprint.com/wp-content/uploads/2018/07/New-K-PRINTING-PROOFER.pdf>

Saarelma, H. & Oittinen, P. 2009. Principles of imaging. Teoksessa Oittinen, P. & Saarelma, H. (toim.) Papermaking Science and Technology Part 13, Print Media – Principles, Processes and Quality. Helsinki: Paper Engineer's Association / Paperi ja Puu Oy.

Sappi. 2013. CIELab. Luettu 17.11.2020

<https://cdn-s3.sappi.com/s3fs-public/sappietc/Defining%20and%20Communicating%20Color.pdf>

Testing Machine. Vedoslaitteisto. Luettu 16.11.2020.

<https://www.testingmachines.com/pdf/30-05-k-printing-proofer.pdf>

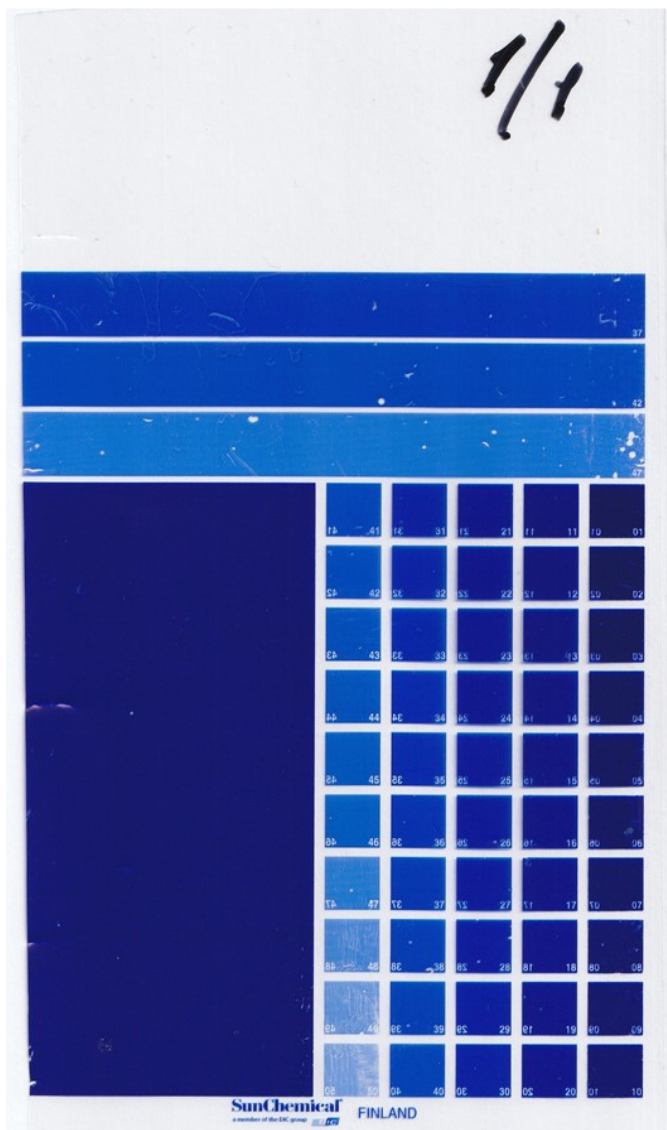
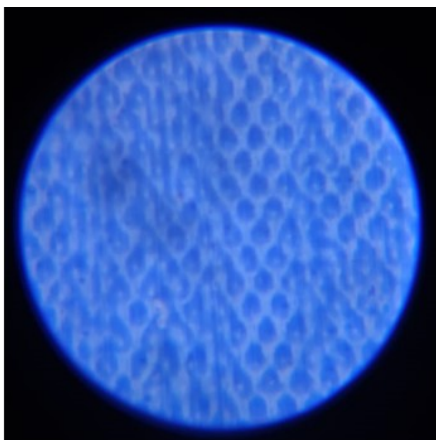
Viluksela, P., Ristimäki, S. & Spännäri, T. 2010. Painoviestinnän tekniikka. Opetushallitus. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

X-Rite. Spektrofotometri. Luettu 16.11.2020.

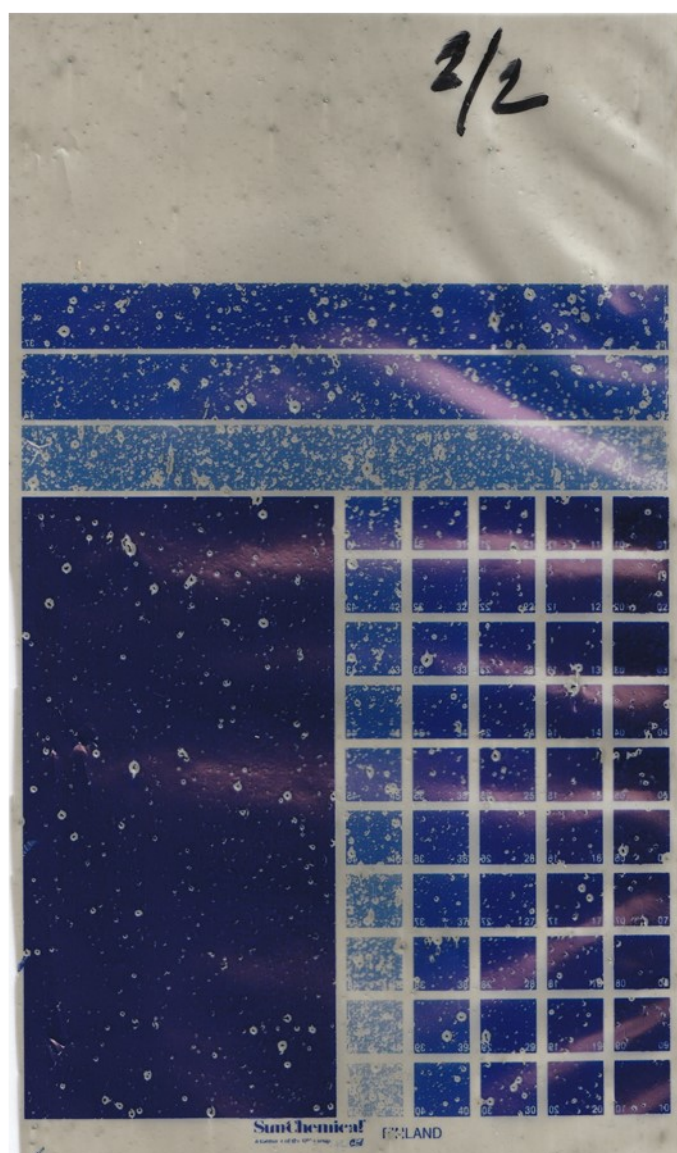
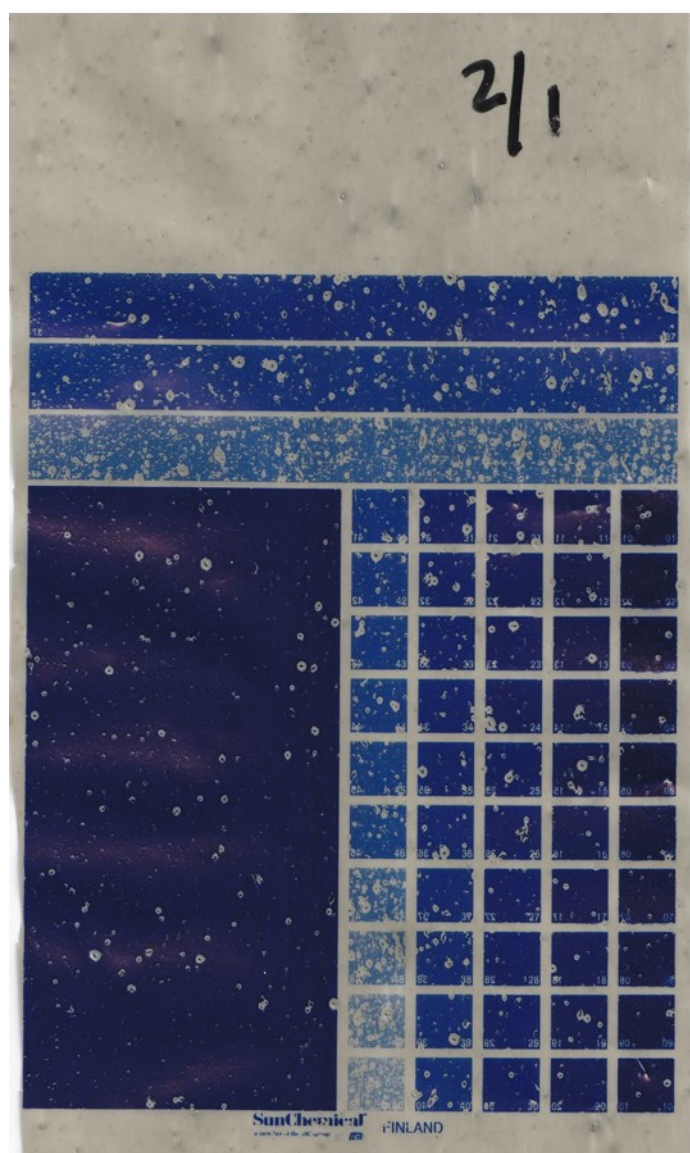
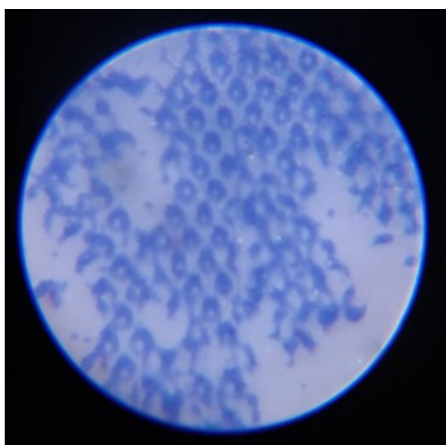
<https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact-family>

LIITTEET

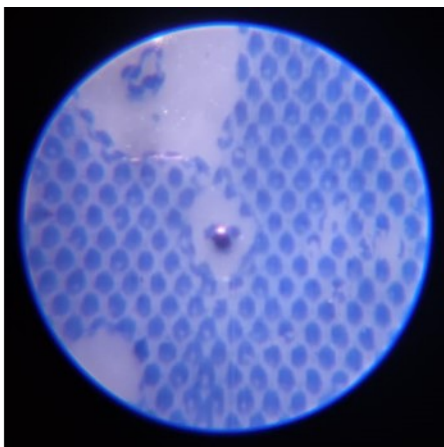
Liite 1. Näyte 1.



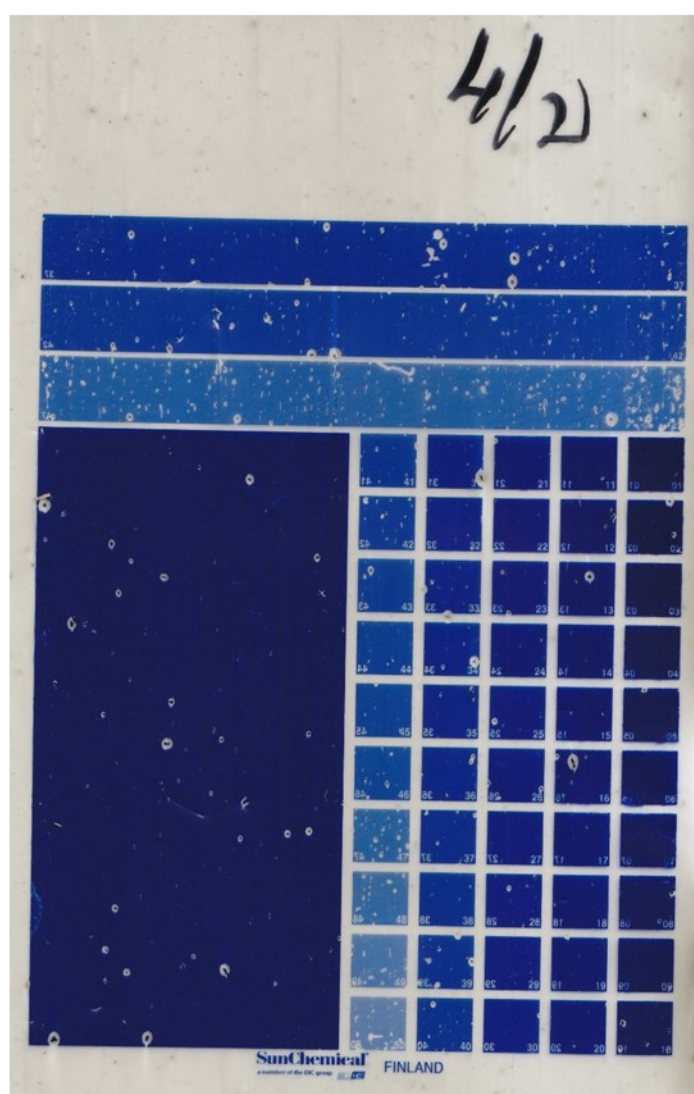
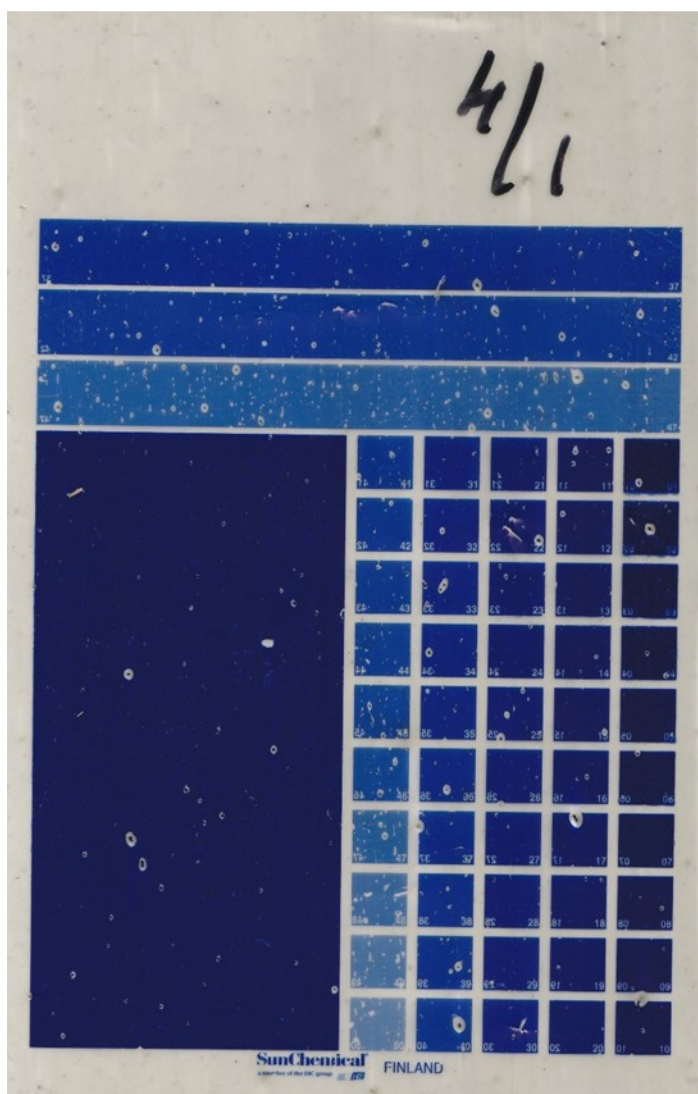
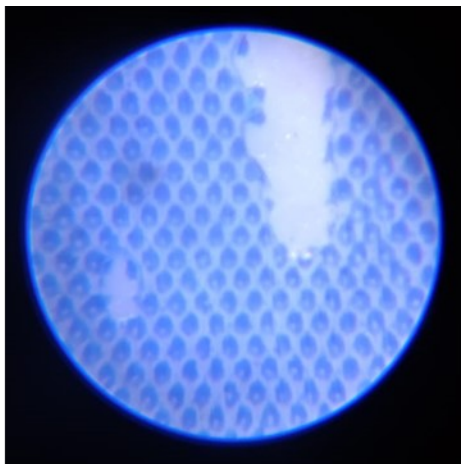
Liite 2. Näyte 2.



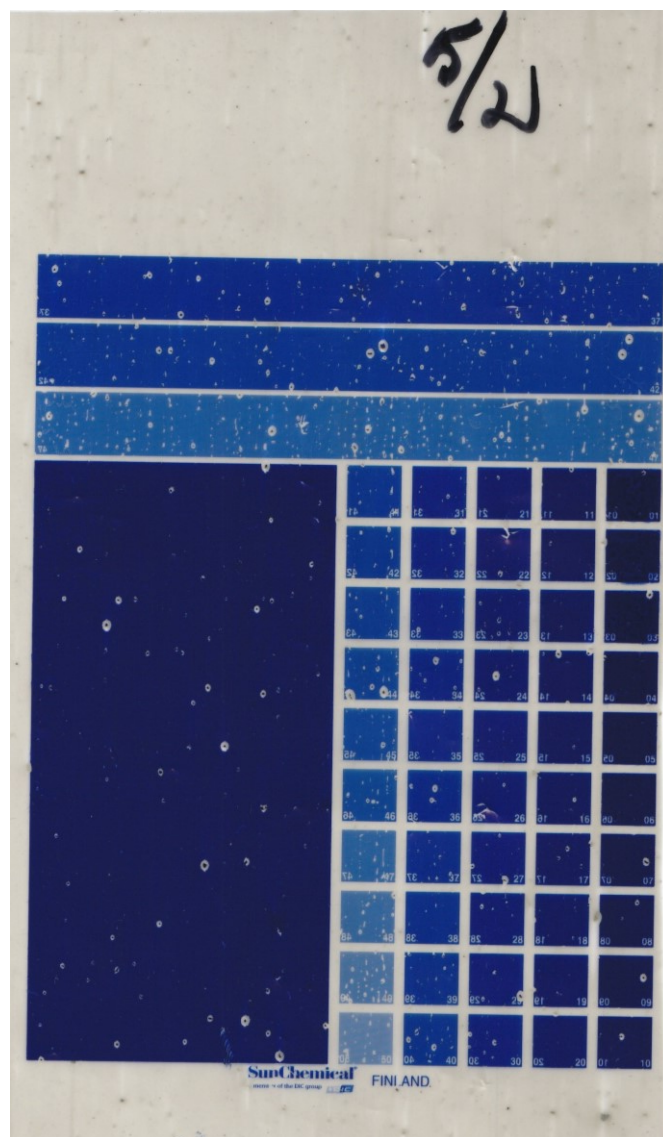
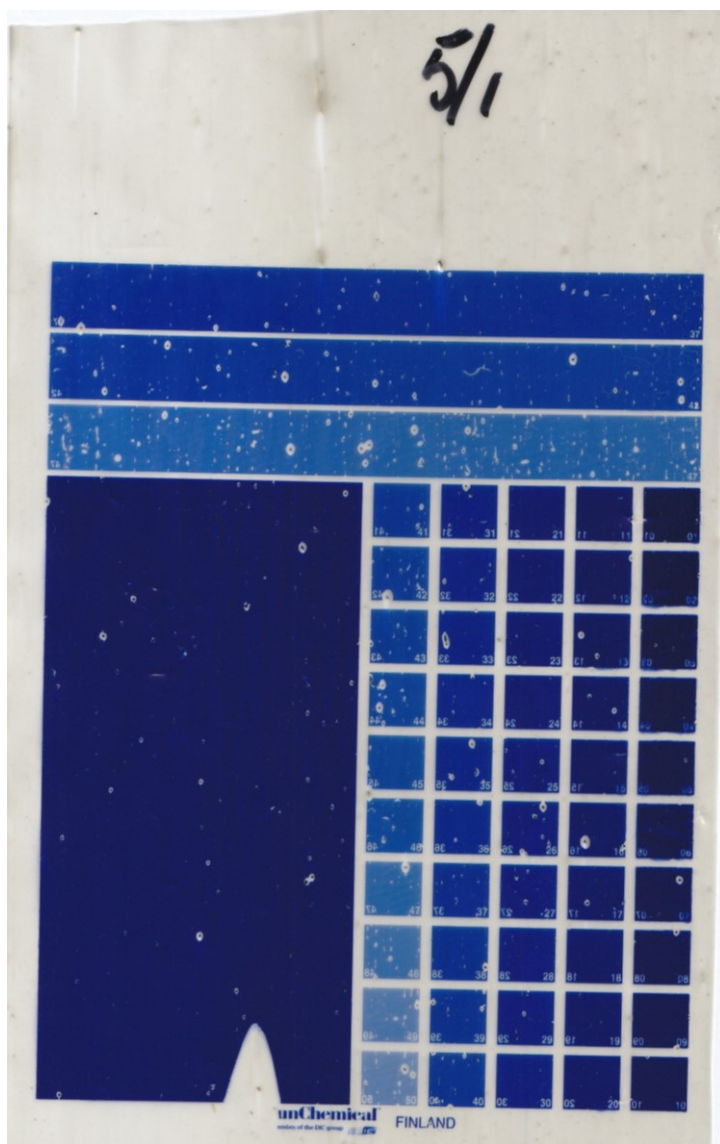
Liite 3. Näyte 3.



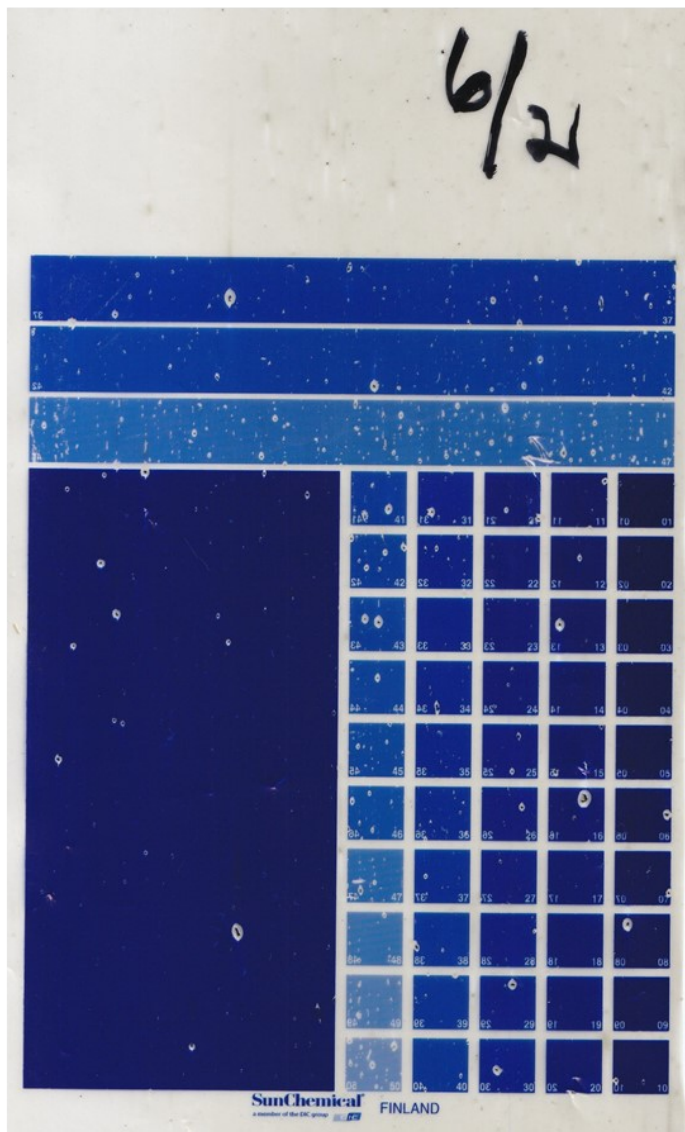
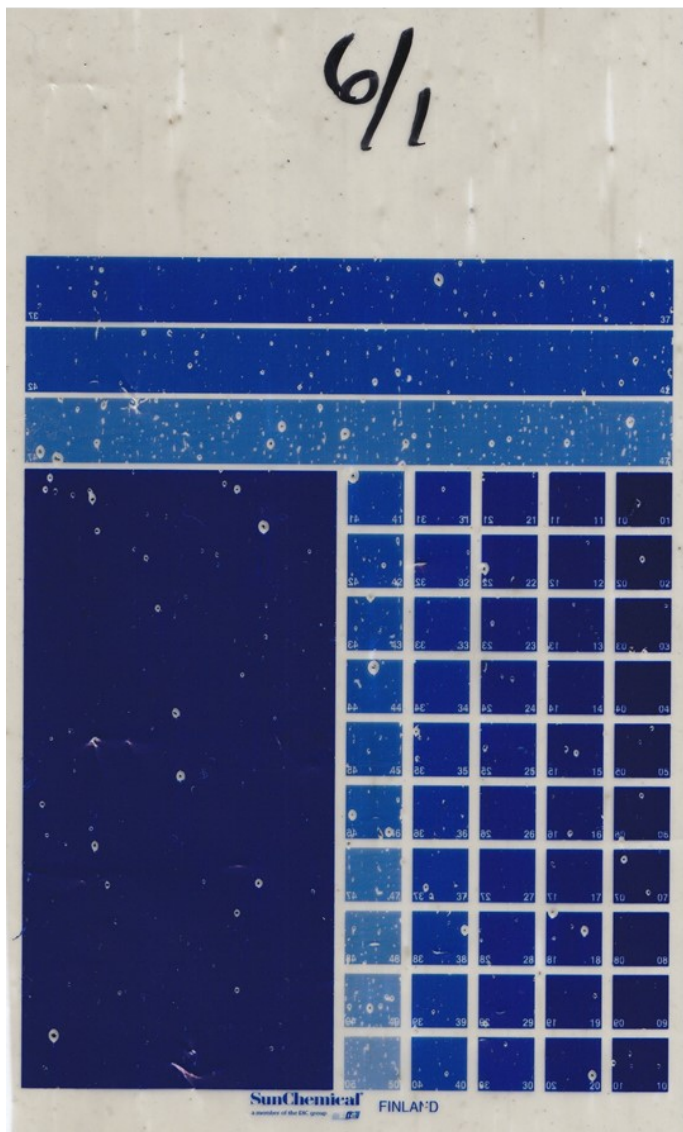
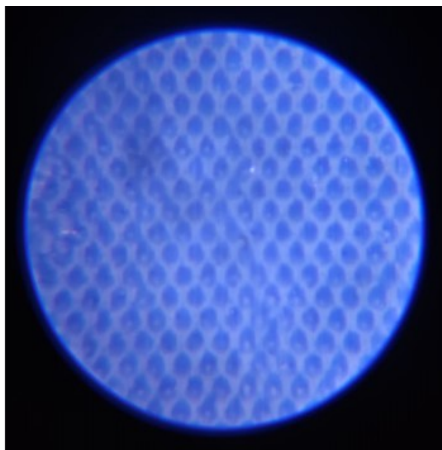
Liite 4. Näyte 4.



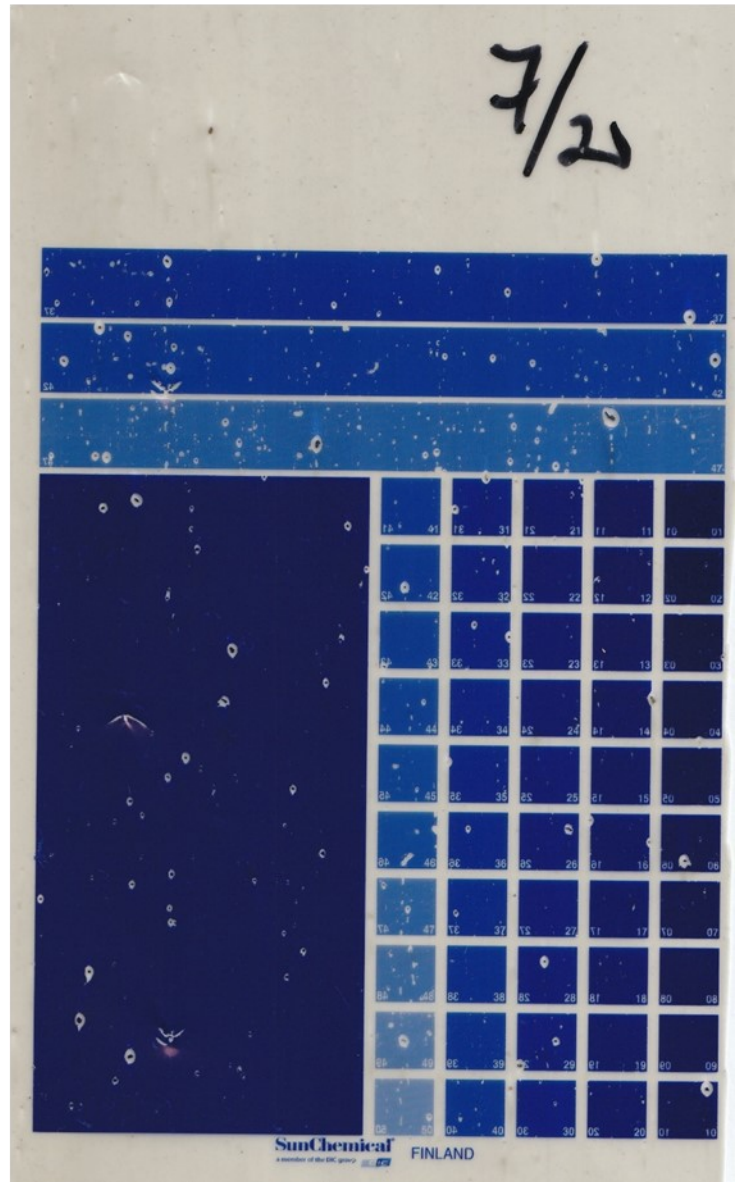
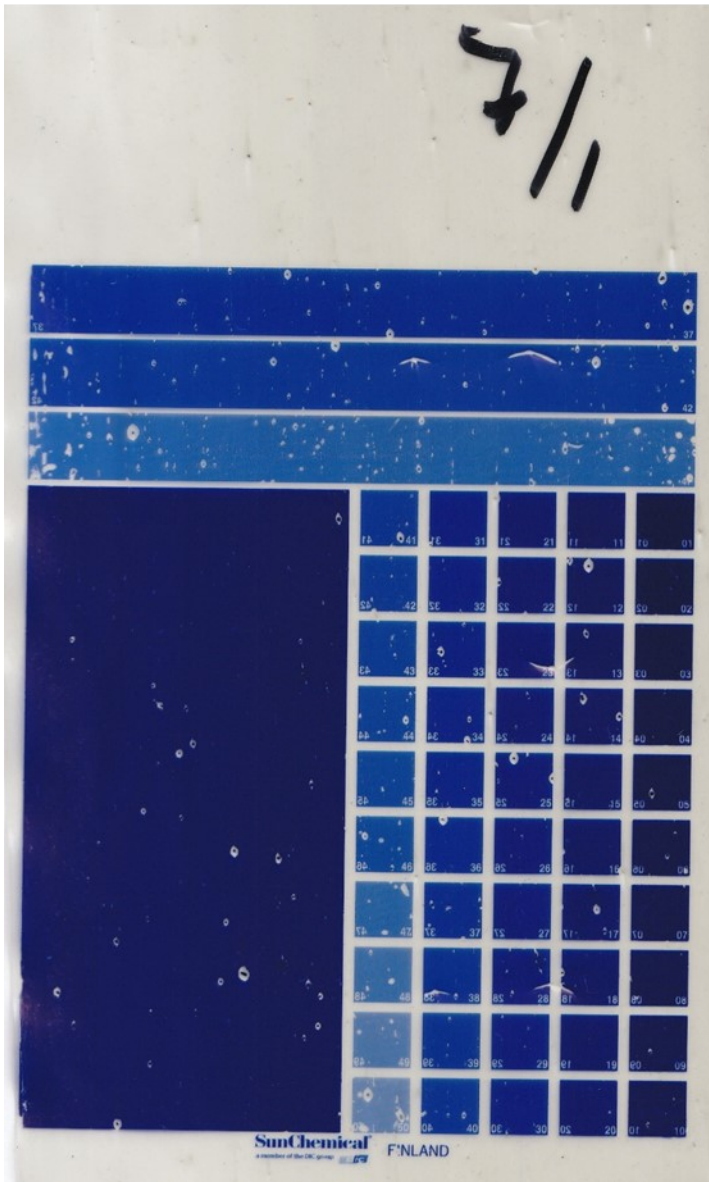
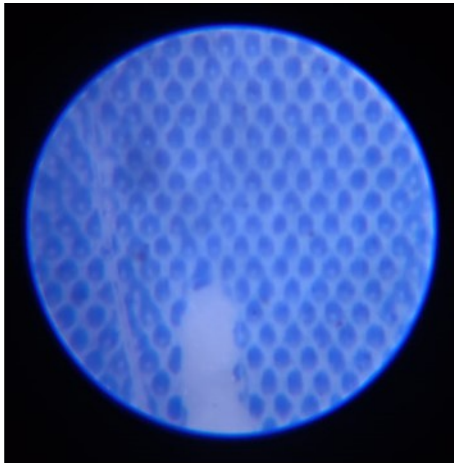
Liite 5. Näyte 5.



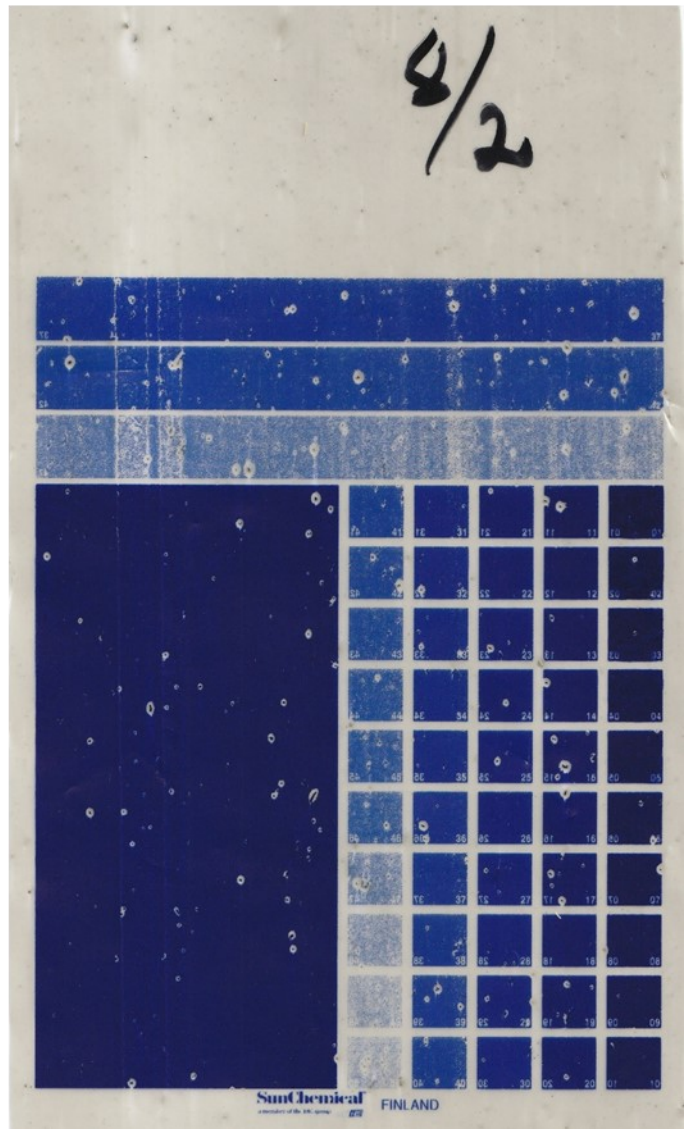
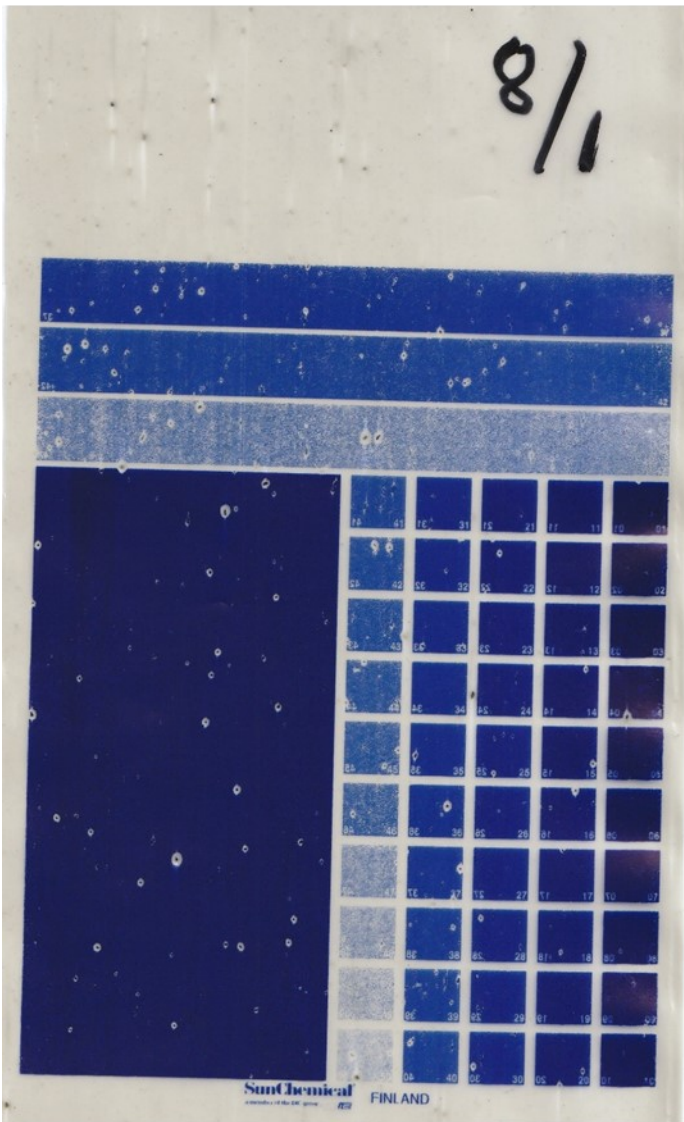
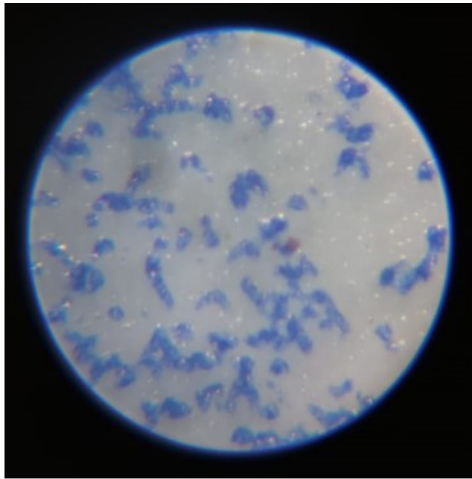
Liite 6. Näyte 6.



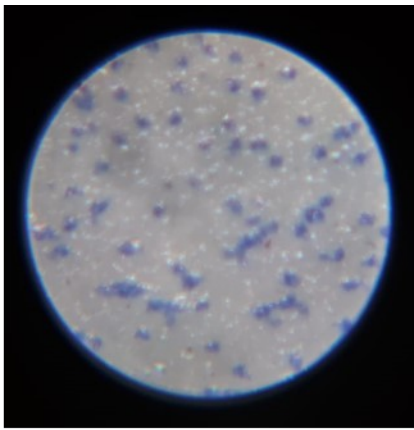
Liite 7. Näyte 7.



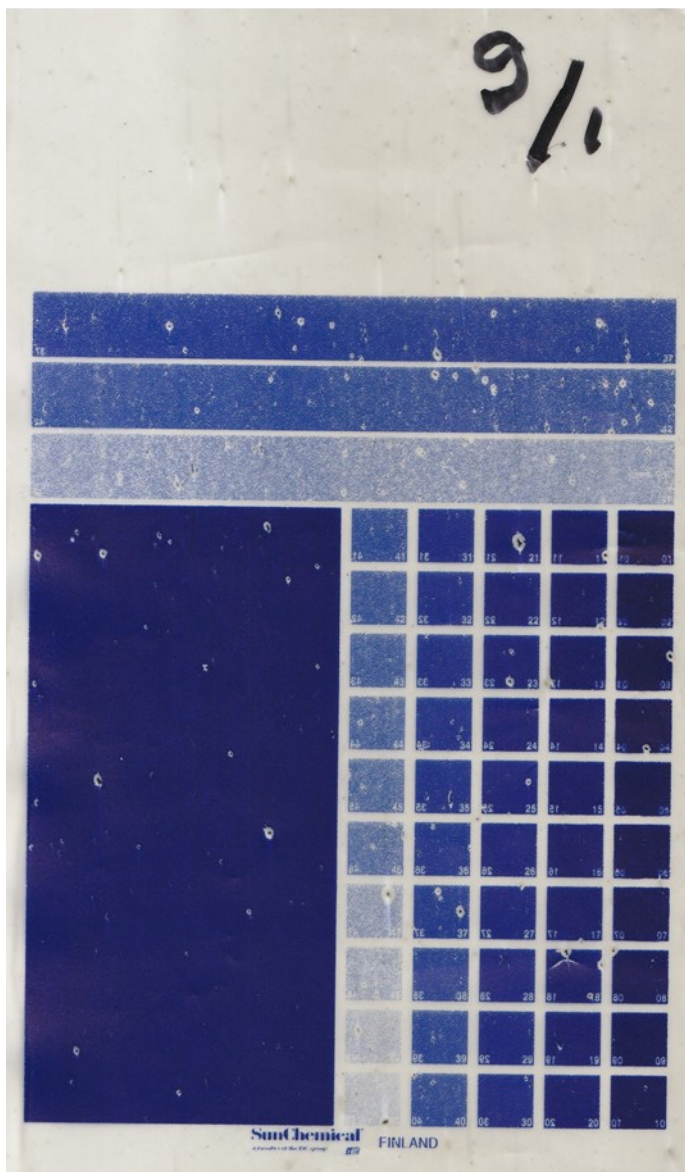
Liite 8. Näyte 8.



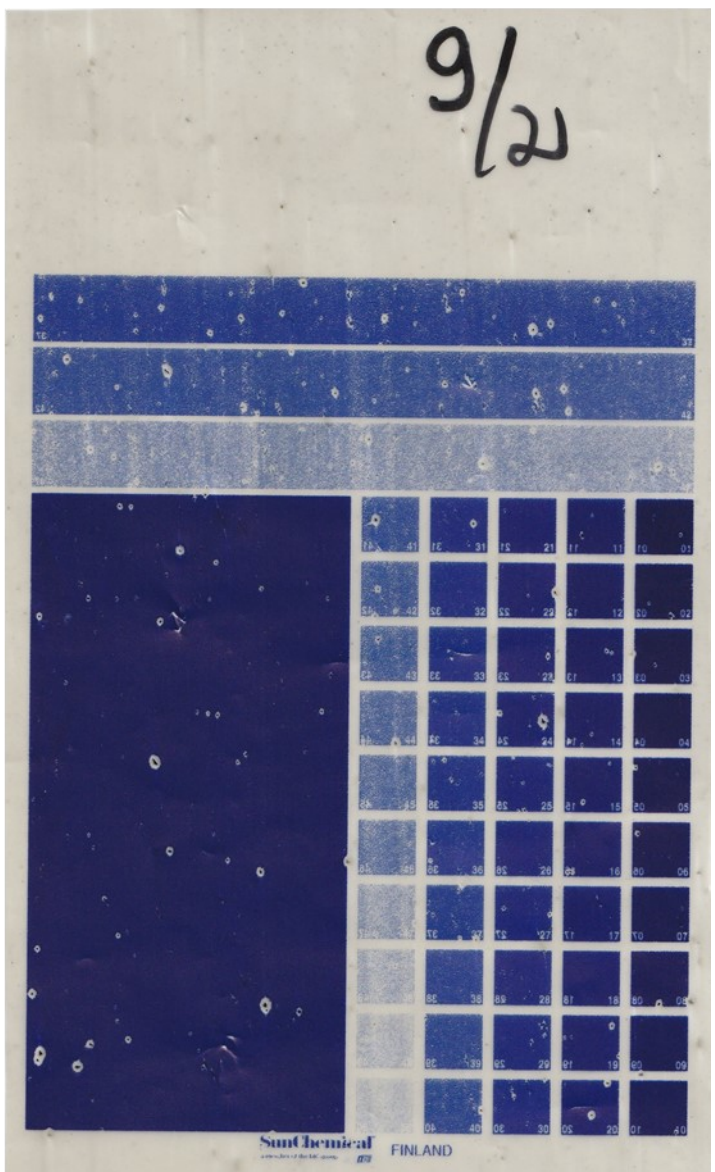
Liite 9. Näyte 9.



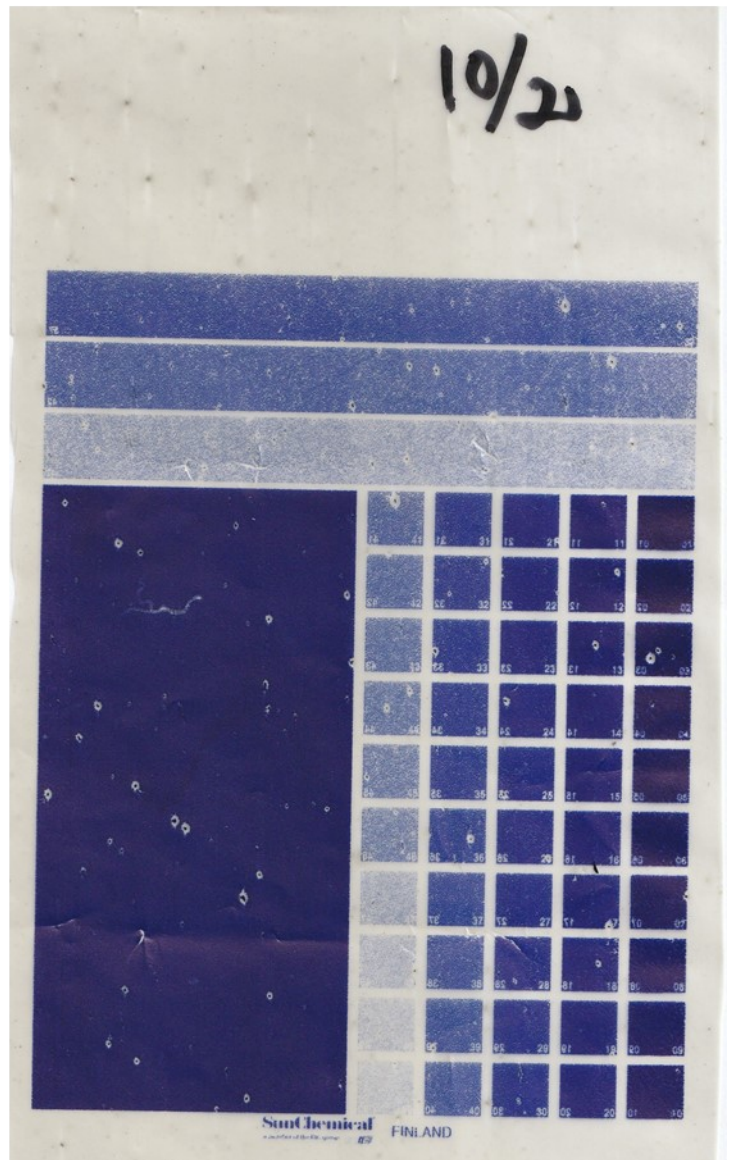
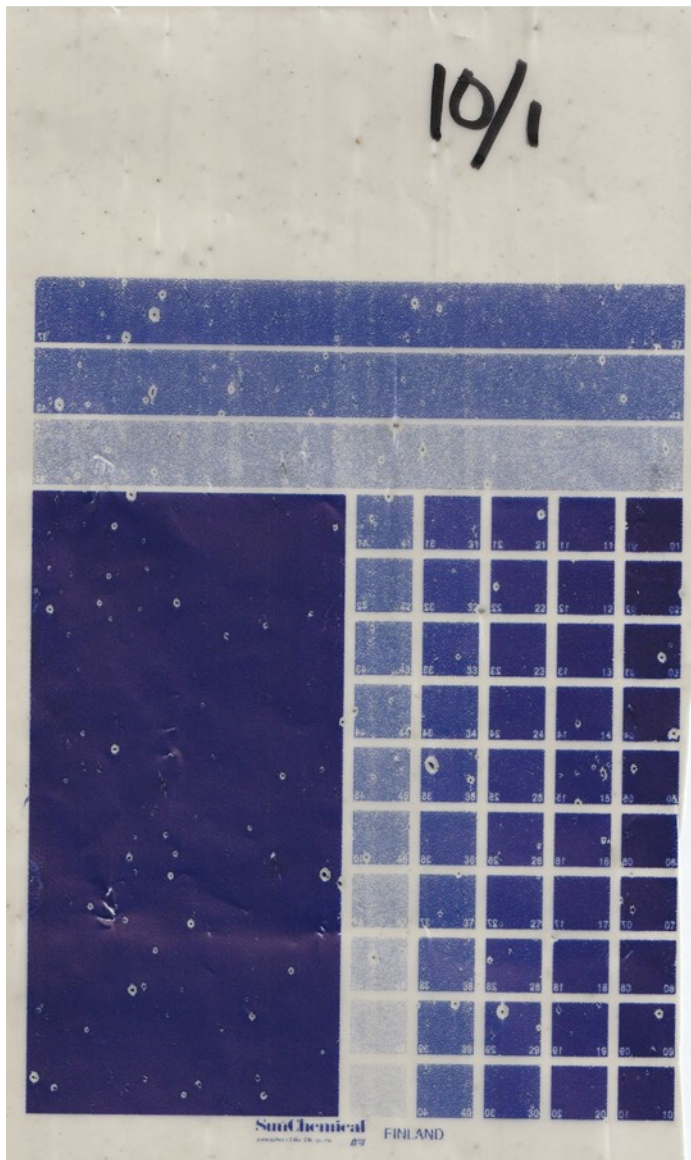
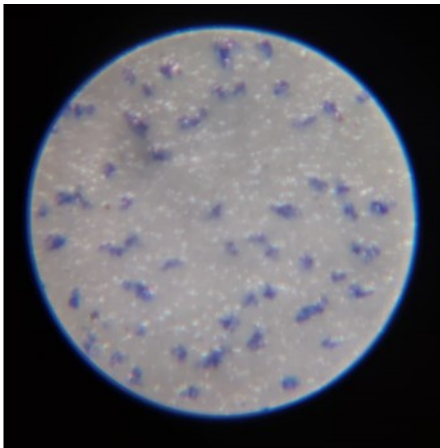
9/1



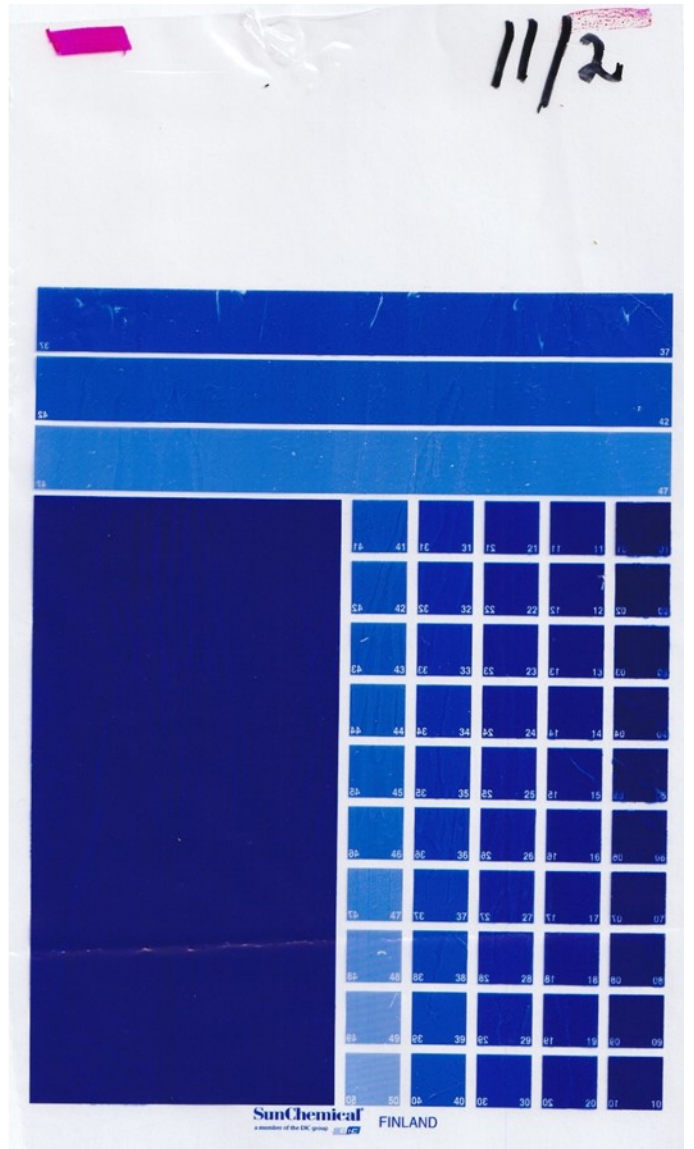
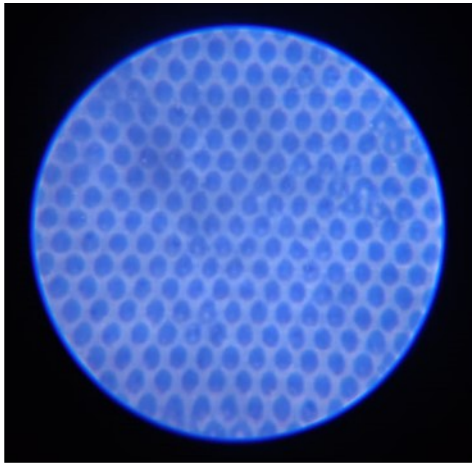
9/2



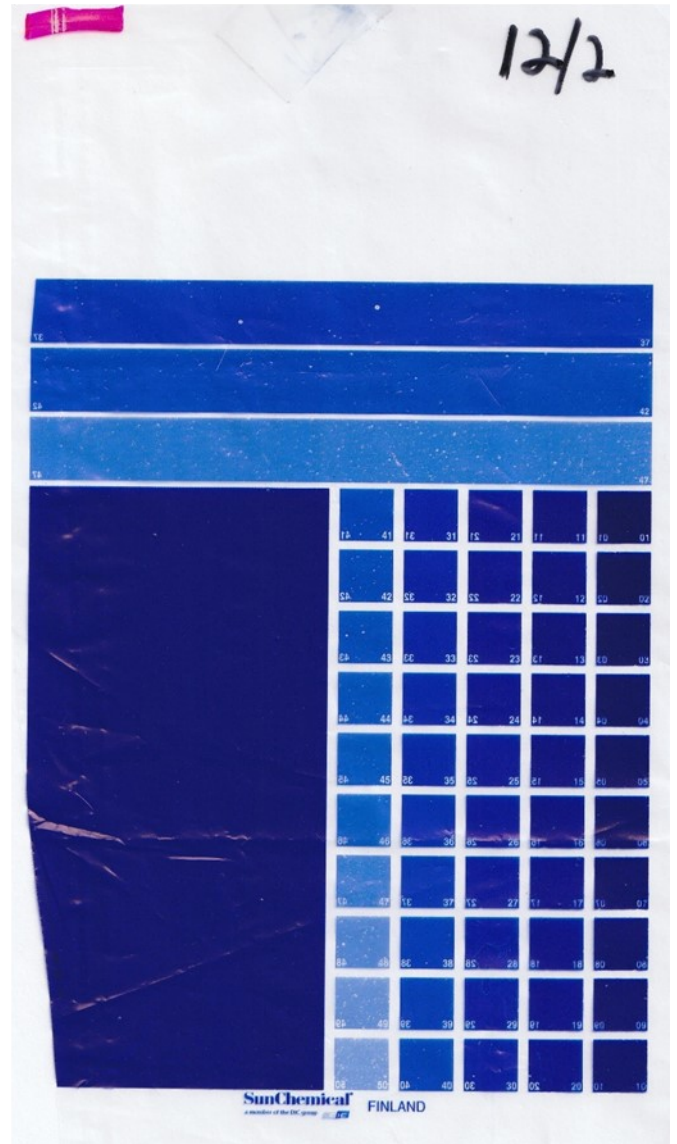
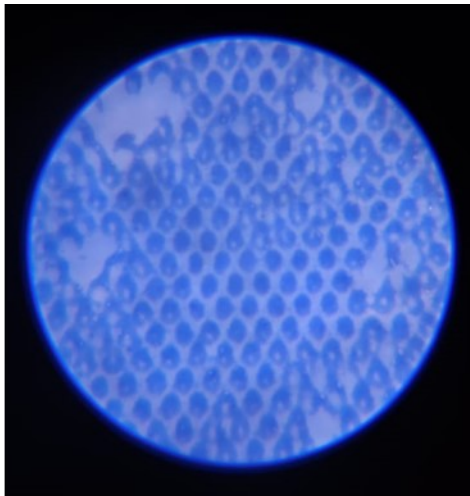
Liite 10. Näyte 10.



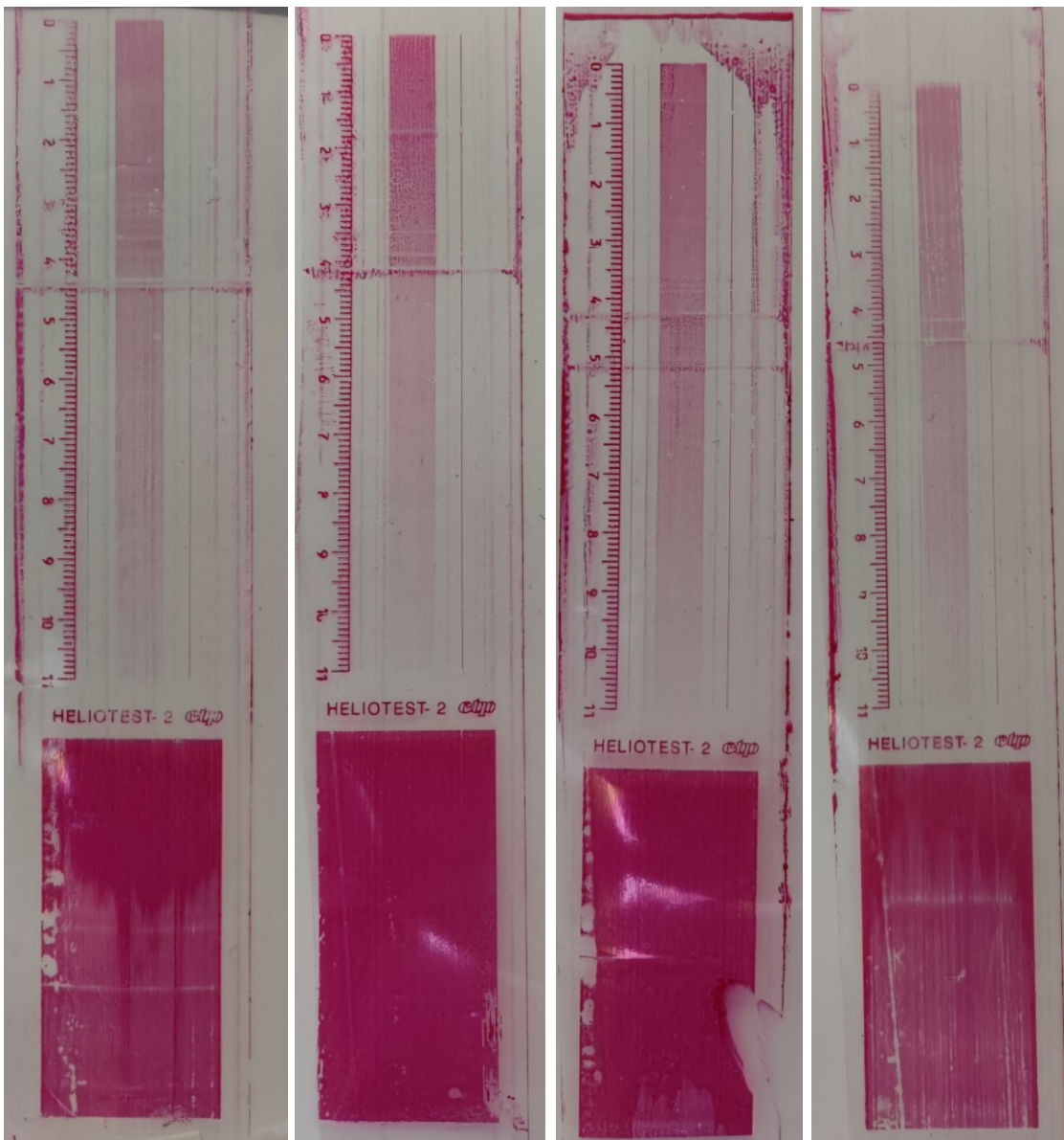
Liite 11. Näyte 11.



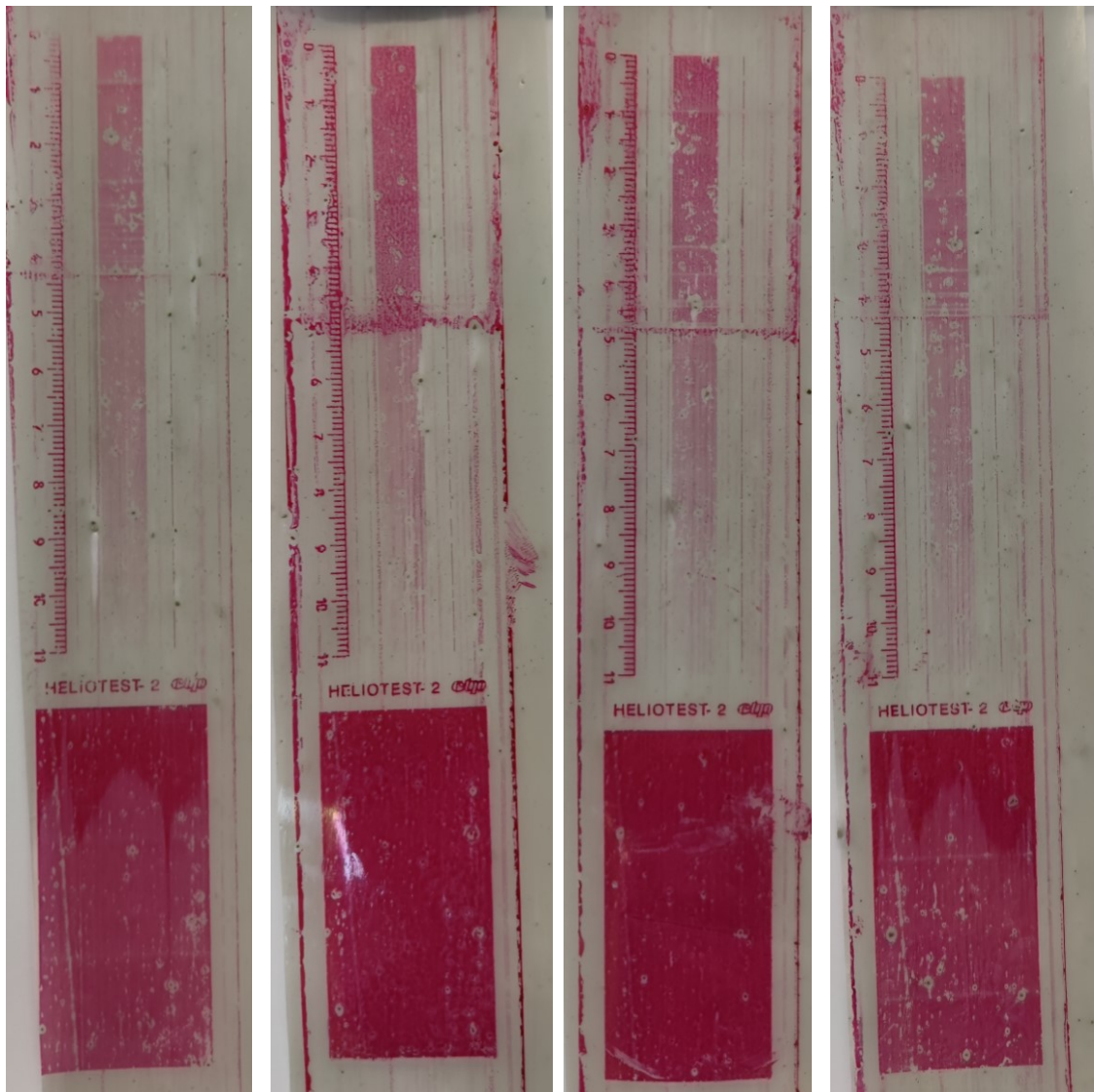
Liite 12. Näyte 12.



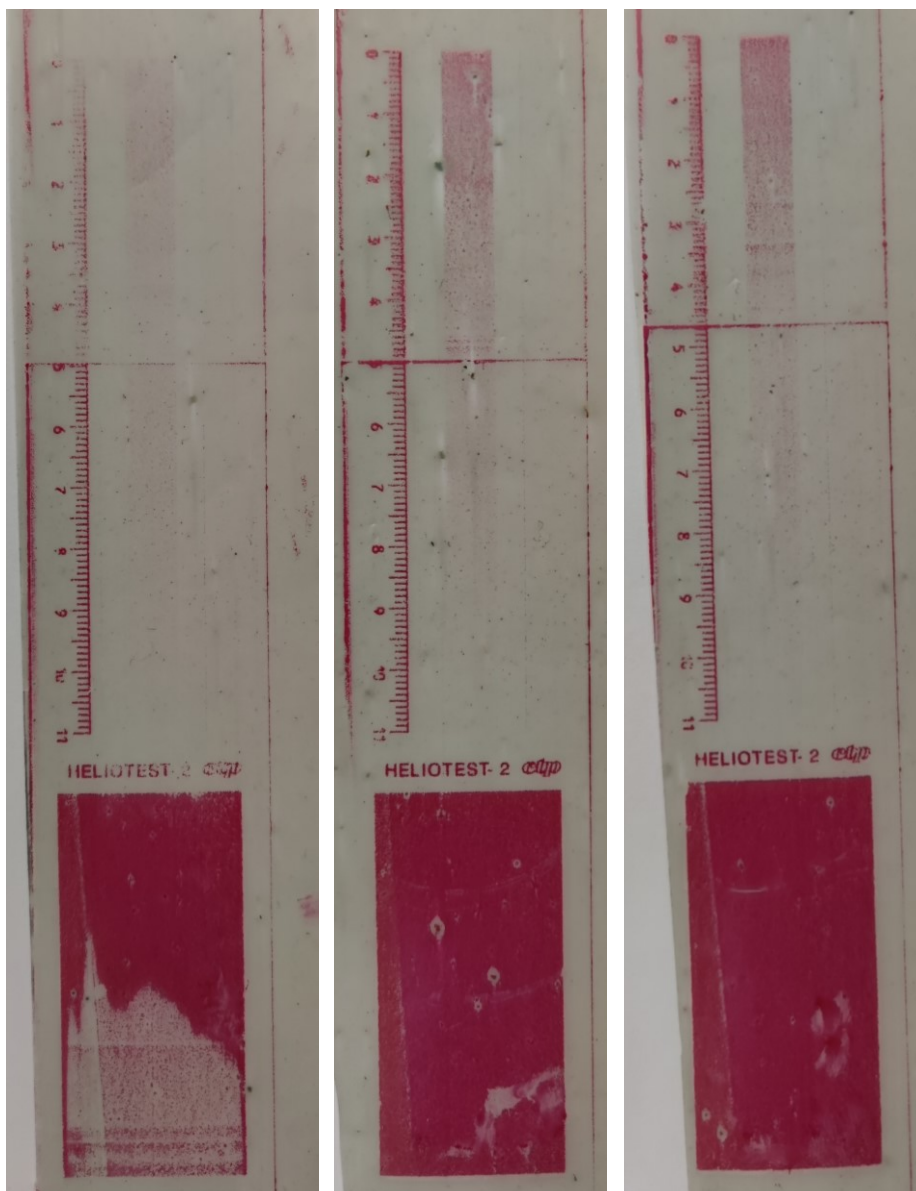
Liite 13. Heliotest. Näyte 1.



Liite 14. Heliotest. Näyte 5.



Liite 15. Heliotest. Näyte 9.



Liite 16. Heliotest. Lumisilk-näyte.

