

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET
Smjer: tehničko-tehnološki

DIPLOMSKI RAD

**UTJECAJ TEMPERATURE I STRUKTURE TISKOVNE
PODLOGE NA TRANSFER ELECTROINKA**

Mentor:
prof. dr. sc. Stanislav Bolanča

Student:
Dražen Naletilić

Zagreb, 2010.

SADRŽAJ

1. UVOD	3
2. ELEKTROFOTOGRAFIJA	4
2.1. POVIJESNI PREGLED ELEKTROFOTOGRAFIJE	4
2.2. OSNOVNI PRINCIP RADA ELEKTROFOTOGRAFIJE	5
2.3. NABIJANJE FOTOKONDUKTORA U ELEKTROFOTOGRAFIJI	6
2.4. OSVJETLJAVANJE FOTOKONDUKTORA	9
2.5. RAZVIJANJE TISKOVNE FORME	11
2.6. RAZVIJANJE U ELEKTROFOTOGRAFIJI S TEKUĆIM TONERIMA	13
2.7. TRANSFER TONERA	16
2.8. FUZIRANJE TONERA U ELEKTROFOTOGRAFIJI	19
2.9. ČIŠĆENJE FOTOKONDUKTORA U ELEKTROFOTOGRAFIJI	20
3. EKSPERIMENTALNI DIO	21
3.1. METODOLOGIJA RADA	21
3.2. KORIŠTENI UREĐAJI	22
3.3. KORIŠTENI MATERIJALI	26
4. REZULTATI I DISKUSIJA	27
5. ZAKLJUČAK	47
6. LITERATURA	48
7. PRILOG	49

1. UVOD

Digitalni tisak se, malo-pomalo, nameće kao jedna od bitnih tehnika tiska, a između nekoliko vrsta najzastupljenija je tehnika elektrofotografije.

U ovom će radu biti objašnjena temeljna načela rada elektrofotografije, s naglaskom na tehniku elektrofotografije koja koristi tekući toner.

Naslov rada glasi “Utjecaj temperature i strukture tiskovne podloge na transfer ElectroInka”. Zbog veće tiskarske kvalitete, indirektni (ofsetni) način otiskivanja sve je češći u elektrofotografskim digitalnim strojevima. Kod indirektna elektrofotografije, nanosena specijalna bojila (toneri) na fotoreceptoru se ne prenose izravno na tiskovnu podlogu, već posredstvom prijenosnih medija (cilindra ili beskonačnog remena). Da bi se ostvario što veći transforni omjer (odnos prenesenog i neprenesenog tonera), prijenosni medij se dodatno zagrijava. Time se izravno utječe na koncentraciju lakohlapivih ulja čija je funkcija prenošenje čestica pigmenta. S porastom temperature dolazi do omekšavanja tonera i povećanja njegove ljepljivosti.

Kako će različita temperatura na ofsetnom cilindru utjecati na efikasnost transfera tekućeg ElectroInka, ovisit će i o hrapavosti tiskovne podloge. Hrapavije podloge posjeduju veću upojnost, koja će bolje prihvatiti likvidnija bojila.

Cilj ovoga rada je ispitati kako temperatura prijenosnog cilindra utječe na kvalitetu reprodukcije. Pri eksperimentalnom ispitivanju izvršeno je djelovanje na grijač ofsetnog cilindra, čija je radna temperatura modulirana od 125 °C do 145 °C (u koraku od 5 °C). Eksperimentalni otisci će se analizirati spektrofotometrijskom metodom (reprodukcija CMYK punih tonova), ali i metodom slikovne analize (rasterska reprodukcija najsitnijih tiskovnih elemenata).

Na uspješnost transfera utječe i tiskovna podloga. Kako tri karakteristična papira (papir za umjetnički tisak, naravni papir i papir prilagođen za digitalni tisak) vežu na sebe toner, također će biti analizirano u ovome radu. Na temelju rezultata doći će se do spoznaje u kojem bi se smjeru trebalo kretati kako bi se povećala efikasnost vezivanja ElectroInka za ispitivane tiskovne podloge.

2. ELEKTROFOTOGRAFIJA

Diplomski rad je posvećen elektrofotografiji, vrsti NIP tehnologija (NIP - non impact technology), tj. tehnologiji koja nema čvrstu tiskovnu formu s fiksiранom slikom već se ona, zapravo, stvara nanovo za svaki novi otisak. Ta varijabilna slika se stvara svaki put iznova, što ima pozitivnih i negativnih strana. Pozitivno je to što svaki otisak može biti različit, personaliziran, a negativna strana toga je moguće veliko odstupanje u kvaliteti otiska, od prvoga do posljednjeg. Ime je dobila po fotoelektričnom efektu koji je primijenjen u samoj tehnologiji ispisivanja. Elektrofotografija je cijenom povoljna za tiskanje malih serija te personaliziranih naklada koje su inače neisplative u klasičnim tehnikama tiska. Osim elektrofotografije, u digitalnom tisku postoji ink jet tehnologija, elektrografija, ionografija, elkografija, magnetografija, itd.

2.1. POVIJESNI PREGLED ELEKTROFOTOGRAFIJE

Kao prvi poznati događaj elektrofotografskog otiska navodi se događaj u hotelu Astoria u Queensu godine 1938., kad su Chester Charlson i Otto Kornei, nakon višegodišnjeg istraživanja, postigli otisak sa suhim (praškastim) bojilom.

U eksperimentu je korištena mikroskopska staklena pločica na kojoj je bilo napisano "10.-22.-38 ASTORIA", dakle točan datum kad se eksperiment dogodio.

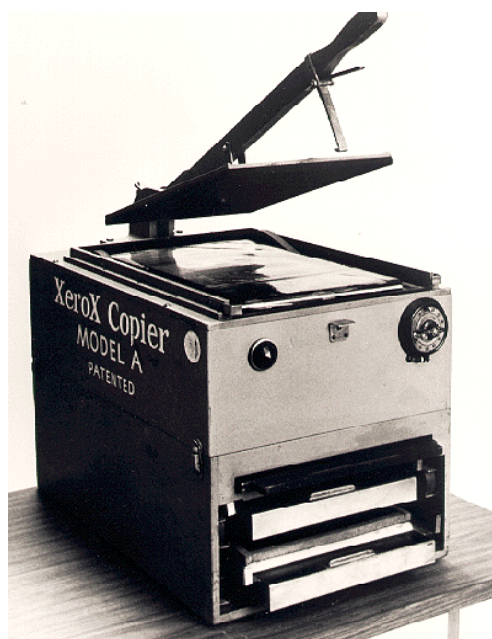
Tek 1949. godine tvrtka Harold (sadašnji Xerox) otkupljuje izvorni patent i nastavlja istraživanje na elektrofotografskom suhom otiskivanju. Rezultat istraživanja je kserografski stroj predstavljen 1959. godine. Ta platforma je i danas temelj svih fotokopirnih strojeva.

Prvi patentirani višebojni elektrofotografski stroj proizvodi tvrtka Cannon 1973. godine. Primjena elektrofotografskoga digitalnog tiska u grafičkoj industriji počela je 1995. godine.

Tvrtke Indigo (današnji HP), Xeikon, Xerox, OCE i Kodak su predvodnici u proizvodnji digitalnih tiskarskih strojeva.



Slika 1 - Pločica s natpisom "10.-22.-38 ASTORIA"



Slika 2 - Prvi fotokopirni uređaj

2.2. OSNOVNI PRINCIP RADA ELEKTROFOTOGRAFIJE

Elektrofotografija se bazira na fizikalnoj pojavi fotoelektričnog efekta karakterističnog za električki nevodljive ili slabo vodljive pojedinačne kristalne strukture, odnosno kristalne mase. Takvi kristali pod utjecajem jačeg intenziteta svjetlosti mijenjaju svoju strukturu, pri čemu se mijenja električna provodljivost.

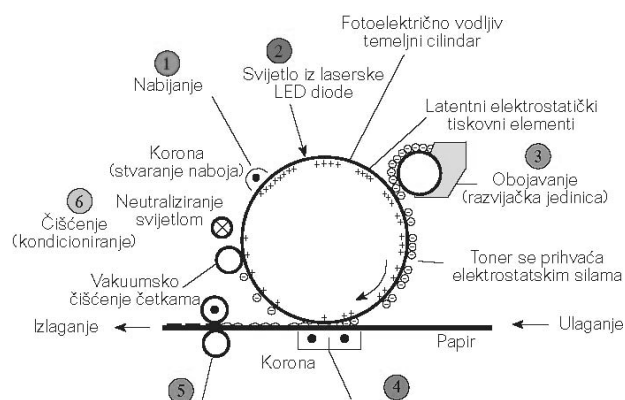
U razvoju elektrofotografskog procesa veliki je korak bio prelazak s analogne uredske kserografske tehnologije na digitalnu tehnologiju otiskivanja. Za ostvarivanje toga cilja bilo je potrebno zadovoljiti dva osnovna preduvjeta:

- *svjetlosni izvori morat će se mijenjati ovisno o podacima iz računala, tj. bit će računalno upravljani*
- *svjetlosni izvori morat će se prilagoditi spektralnoj osjetljivosti fotoreceptora.*

Osnova cijeloga elektrofotografskog procesa je fotoreceptor. Funkcija fotoreceptora je da se od optičke slike stvori latentna slika, koja će se u fazi razvijanja transformirati u vizualno vidljivu tonersku sliku.

Formiranje otiska u elektrofotografiji provodi se u šest osnovnih faza:

1. *Nabijanje fotokonduktorskog bubnja*
2. *Osvjetljivanje fotokonduktorskog bubnja*
3. *Razvijanje fotokonduktorskog bubnja*
4. *Prenošenje tonera s fotokonduktora na tiskovnu podlogu*
5. *Fiksiranje tonera na tiskovnoj podlozi*
6. *Čišćenje fotokonduktora od ostatka tonera*



Slika 3 - Osnovni princip elektrofotografije

Elektrofotografski princip se može odvijati i u sedam faza. U tom je slučaju riječ o indirektnoj elektrofotografiji, gdje se toner s fotokonduktora prenosi na prijenosni medij s kojega toner završava na tiskovnoj podlozi. Takav princip omogućuje veću kvalitetu otiska, što je posebno bitno za elektrofotografske strojeve namijenjene produkcijskom digitalnom tisku.

2.3. NABIJANJE FOTOKONDUKTORA U ELEKTROFOTOGRAFIJI

Početak svakoga elektrofotografskog procesa je stvaranje kontroliranoga električnog potencijala na fotokonduktorskoj površini. Pritom su presudni ovi parametri: debljina vodljivoga fotokonduktorskog sloja, primijenjeni površinski naboj i dielektrička konstanta fotoreceptor-skog sloja. Nastali površinski potencijal fotokonduktora proporcionalan je naboju stvorenom na koroni.

Ovisno je li riječ o direktnoj ili indirektnoj elektrofotografiji, proces nabijanja može biti negativan ili pozitivan.

a) *Pozitivno nabijanje*

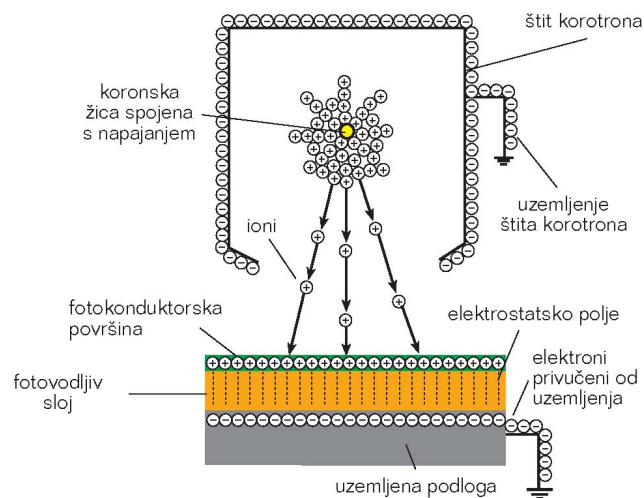
Pozitivsko nabijanje se često koristi u elektrofotografiji i najveću je primjenu pronašlo u uredskim kopirnim strojevima, DTP laserskim printerima i njihovim kombinacijama, uglavnom tamo gdje nije potrebna velika kvaliteta reprodukcije.

Pri pozitivnom nabijanju, fotokonduktorski se bubanj rotira konstantnom brzinom, pri čemu se izlaže djelovanju korotrona ili dikotrona. Kod ovakvih nabijanja površina fotokonduktora premazana je fotopoluvodičkim slojem karakterističnoga specijalnog tamnog otpora većeg od $10^{14} \Omega \text{ cm}$, kojemu se kasnijim laserskim osvjetljavanjem otpor smanjuje na vrijednost između $10^7 - 10^9 \Omega \text{ cm}$.

Uređaji korišteni za pozitivno nabijanje nazivaju se korotroni i izrađeni su od tanke wolfrmove ili platinaste pozlaćene žice, koja je direktno spojena s napajanjem (power supply). Žica je smještena u kućištu koje je s tri strane zatvoreno, a s fotokonduktorske strane je otvoreno. Kućište korotrona, baza fotokonduktorskog bubnja i osnovno napajanje moraju pritom biti uzemljeni.

Kratkom aktivacijom jedinice osnovnog napajanja u koronu pristizhe istosmjerna struja visokog napona (oko 1200 V).

Između uzemljenoga metalnog kućišta i pozitivne korone stvara se jako elektrostatsko polje. Elektroni se oslobađaju s površine kućišta i započinju svoje gibanje.



Slika 4 - Princip pozitivskog nabijanja

Oslobođene elektrone privlači pozitivna korona i oni se pritom sudaraju s okolnim molekulama zraka. Pri takvom sudaranju molekule zraka se transformiraju u pozitivne ione, a novoo-slobođeni elektroni nastavljaju se kretati u smjeru koronske žice. Proces ionizacije se izvodi sve dok se okolina korone na zasiti pozitivnim ionima.

Pozitivnim zasićenjem korone formira se drugo elektrostatsko polje (između korone i baznog fotokonduktora), koje nije tako jako, ali ima dovoljnu snagu da privuče ione sa zasićene korone. Pozitivni ioni u blizini pozitivno nabijene korone odbijaju se u svim smjerovima.

Kućište korotrona kontrolira snagu elektrostatskog polja i samo oslobođeni ioni koji putuju u smjeru fotokonduktora slobodno prolaze kroz otvor na kućištu korotrona.

Molekule zraka koje okružuju fotokondaktor su pozitivni ioni, koji generiraju pozitivan površinski naboj. Pri procesu površinskog nabijanja fotokonduktora, korotron daje uvijek istu količinu pozitivnih iona. Za to je zaslužna uzemljena podloga.

Uzemljena podloga je vodič i dolaskom iona na površinu fotokonduktora sav negativan naboj fotokonduktora usmjerava u smjeru oksidnog sloja uzemljene podloge. Uzemljeni negativno nabijeni sloj tako stvara novo elektrostatsko polje s površinsko pozitivnijim fotokonduktorskim slojem. Baza fotokonduktora preko uzemljene podloge dobiva dodatne elektrone, održavajući tako snažan negativni naboj.

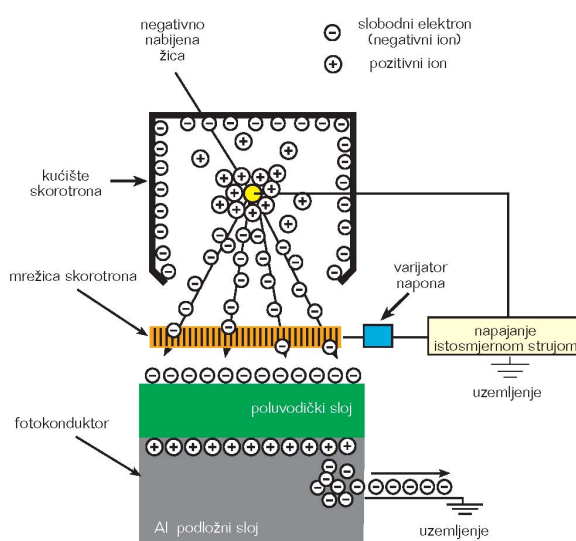
Kod elektrofotografskih strojeva većih brzina i formata, za homogeniju pozitivnu površinu fotokonduktora potrebno je povećati ionsku emisiju iz korone. To se, konstrukcijski, postiže većim brojem koronskih žica ili spajanjem nekoliko korotrona u niz.

b) Negativno nabijanje

Negativsko nabijanje karakterizira stvaranje negativnih nositelja naboja na površini fotokonduktora. Negativsko se nabijanje koristiti u elektrofotografskim strojevima II. generacije, koji rade indirektnim načinom otiskivanja.

Uređaji korišteni za negativsko nabijanje nazivaju se skorotroni. Skorotronska konstrukcija je vrlo slična korotronske konstrukciji.

Razlika je samo u skorotronske mrežici, koja se nalazi na otvorenoj strani kućišta.



Slika 5 - Princip negativskog nabijanja

Kod negativskog nabijanja kućište skorotrona je slobodno, što se ne može reći za skorotronska žicu i skorotronska mrežicu (one su direktno spojene s napajanjem).

U početnoj fazi negativskog nabijanja, uređaj za napajanje formira visok negativan napon na skorotronska žici. Rezultat toga je emisija velikog broja elektrona koji će formirati tri elektrostatska polja: skorotronska žica - kućište skorotrona, skorotronska žica - skorotronska mrežica i skorotronska mrežica - fotokonduktorska površina.

Elektrostatske sile formiraju oslobođeni elektroni koji okružuju žicu skorotrona. Oslobođeni elektron iz molekule zraka odbija se od negativno nabijenog skorotrona i svojim gibanjem sudara se s molekulama zraka izazivajući oslobađanje novih elektrona.

Molekula zraka s manjkom elektrona postaje pozitivni ion. Proces ionizacije (stvaranje iona) izvodi se sve dok se područje oko skorotronske žice ne zasiti pozitivnim ionima.

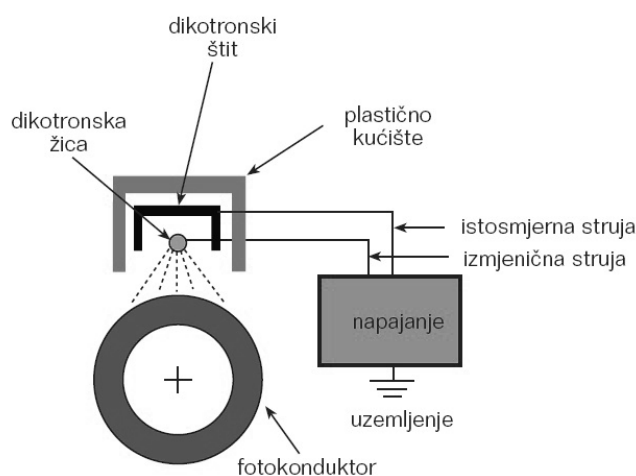
Oslobođeni elektroni gibaju se u svim smjerovima, ali brojačano ih više završi na skorotronska mrežici.

Regulacijom napona skorotronske mrežice kontrolira se protok elektrona kroz skorotronska mrežicu, čime se utječe na snagu elektrostatskog polja (fotokonduktorska mrežica - skorotronska mrežica). Rezultat toga je željeni negativan naboj na površini fotokonduktora.

Površinski sloj fotokonduktora koji se negativski nabija premazan je OPC fotopoluvodičem (Organic Photo Conductor). Organski fotokonduktorski ima nizak početni otpor, koji se laserskim osvjetljavanjem povećava.

c) *Kombinirano nabijanje*

Kombinirano nabijanje karakterizira stvaranje pozitivnih i negativnih nositelja naboja na površini fotokonduktora. Razlika između skorotrona i dikotrona je u dodatnom plastičnom kućištu koje s tri strane okružuje dikotronska žicu. Osnova takvog procesa nabijanja je dikotronska žica koja je direktno spojena s izmjeničnim izvorom električne energije. Takvim strujnim izvorom moguće je formirati pozitivne i negativne ione.



Slika 6 - Princip kombiniranog nabijanja

2.4. OSVJETLJAVANJE FOTOKONDUKTORA

Osvjetljavanje je proces u kojem se originalni dokument ili kompjutorski podaci projiciraju na fotokonduktor. Pritom se naponi na fotokonduktoru mijenjaju (najčešće neutraliziraju). Ovisno o izvršenom nabijanju fotokonduktorske površine, razlikujemo negativsko osvjetljavanje CAD (Charged Area Development) i pozitivsko osvjetljavanje DAD (Discharged Area Development). Osnovni preduvjet za negativsko osvjetljavanje je pozitivno nabijena fotokonduktorska površina.

Kod pozitivskog osvjetljavanja takvi preduvjeti su suprotni, odnosno potrebna je prethodno negativno nabijena površina fotokonduktora.

Kod elektrofotografskih strojeva koji rade principom negativskog osvjetljavanja, ukupna svjetlosna izloženost fotokonduktorske površine je vrlo velika. Neosvijetljeni tiskovni elementi se ne mogu nijansirati, te je takav princip osvjetljavanja pogodan za reprodukciju jednostavnijih grafičkih aplikacija (crteži i tekst).

Pri pozitivskom osvjetljavanju, svjetlosti se izlažu budući tiskovni elementi. Intenzitet laserskog zračenja je moguće modulirati. Time je omogućen različit elektrostatski potencijal tiskovnih elemenata, koji će se kasnije u fazi razvijanja pretvoriti u različitu gustoću obojenja. Tiskovni elementi formirani na fotokonduktoru su vrlo mali, čime je osigurana dobra rasterska reprodukcija.

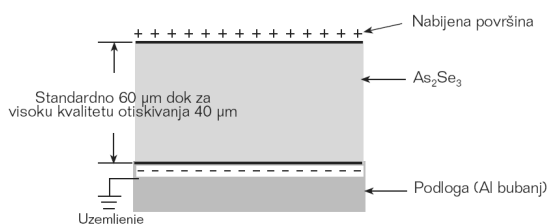
Princip osvjetljavanja je direktno ovisan o građi fotokonduktora. Fotokonduktori za negativsko osvjetljavanje su jednostavne konstrukcije. Karakteriziraju ih tri osnovna dijela:

- pozitivno nabijena vanjska površina
- srednji fotoosjetljivi sloj
- uzemljena aluminijska podloga.

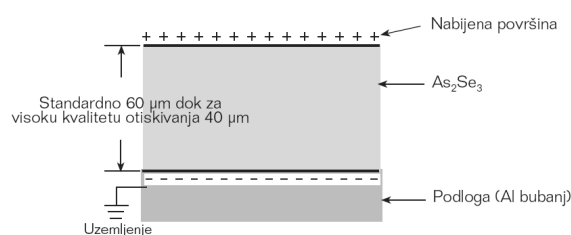
Sastav pozitivskih fotokonduktora nešto je kompleksniji. U proizvodnji pozitivskih fotokonduktora osnovu čini aluminijska podloga na koju je nanosena pozitivno nabijena elektroda. Iznad nabijene elektrode nanosen je sloj za akumuliranje naboja, te sloj za transfer naboja. U završnom sloju takvog tipa fotokonduktora može se pronaći i zaštitni sloj, na kojemu je skortonom stvoren negativan naboj (organski fotokonduktori).

Spektralna osjetljivost organskih i anorganskih fotokonduktora nije jednaka.

Potencijal na površini fotokonduktora i fotokonduktorska osjetljivost odnose se razmjerno, odnosno viši potencijal na površini fotokonduktora izaziva veću spektralnu osjetljivost. S pojavom novih OPC fotokonduktora to je uspješno promijenjeno. OPC fotokonduktori tako u sloju



Slika 7 - Pozitivski fotoreceptor



Slika 8 - Negativski fotoreceptor

za stvaranje naboja (CGL) sadrže i svjetloosjetljive pigmente, čime je spektralna osjetljivost uspješno smanjena na sigurno područje laserskog zračenja. Iako anorganski fotokonduktori posjeduju veću mehaničku otpornost, sve su manje u upotrebi. Temeljni razlog tomu je njihova temperaturna nestabilnost, koja direktno utječe na neujednačenost naboja, što kod organskih fotokonduktora nije slučaj.

Ovisno o primijenjenoj tehnologiji koja se koristi u fazi neutralizacije fotokonduktorske površine, razlikuju se dva tipa elektrofotografskih uređaja za osvjetljavanje:

- na bazi "rasterskih optičkih skenera" (ROS = Raster Optical Scanners)
- na bazi svjetlo emitirajućih dioda (LED = Light Emitting Diodes).

ROS princip osvjetljavanja primjenjuje plinski laserski izvor, koji se spaja na akustičko optički modulator. Plinske laserske izvore zamijenili su poluvodički laseri (laserske diode), koje je moguće direktno modulirati. ROS tehnologija je primjenjiva u konstrukciji manje kvalitetnih stolnih laserskih printera. Paralelno sa svjetlosnim izvorima mijenja se i konstrukcija ROS ispisnih glava.

Danas, tako, razlikujemo:

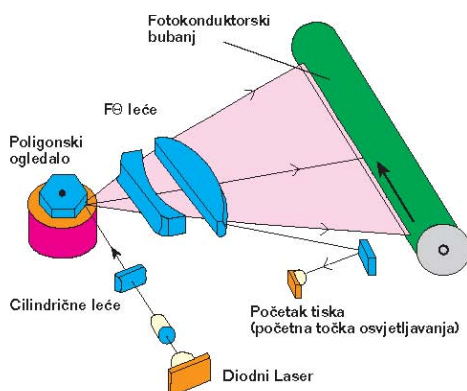
- laserske glave s jednom ispisnom zrakom
- laserske glave s korekcijskom optikom
- laserske glave s dvije ispisne zrake
- laserske glave s različitom rezolucijom ispisivanja.

Suvremeni tipovi jedinica za osvjetljavanje bazirani su na LED tehnologiji. Ugrađeni LED svjetlosni izvori su vrlo sitni i odgovaraju veličini budućih tiskovnih elemenata.

Ovisno o načinu spajanja u linijske blokove, razlikujemo:

- LED laserske glave prve generacije
- LED laserske glave druge generacije.

Broj poredanih LED blokova može biti vrlo velik, što rezultira mogućnošću ispisa i većih formata.



Slika 9 - Jedno od konstrukcijskih rješenja laserskih glava baziranih na ROS tehnologiji

2.5. RAZVIJANJE TISKOVNE FORME

Razvijanje je, zapravo, nanošenje tonera na latentnu sliku, koja pritom postaje vidljiva. Toneri su specijalizirane obojene čestice prilagođene za prenašanje na tiskovnu podlogu. Oni su najčešće praškastog oblika, ali mogu biti i tekućine. Ovisno o agregatnom stanju tonera, prilagođena je i konstrukcija elektrofotografskih strojeva. Razlikuju se dva osnovna tipa elektrofotografskog procesa otiskivanja:

- *elektrofotografija praškastim tonerima (kserografija)*
- *elektrofotografija tekućim tonerima.*

Sastav tonera utječe na konstrukciju uređaja za razvijanje. U kserografiji tako razlikujemo jednokomponentne razvijачke sustave i dvokomponentne razvijачke sustave. U oba sustava potrebno je čestice tonera (nositelje tonera) prvo nabiti odgovarajućim nabojem, da bi se toner usmjereno kretao iz spremnika u smjeru latentne tiskovne forme.

Jednokomponentno razvijanje

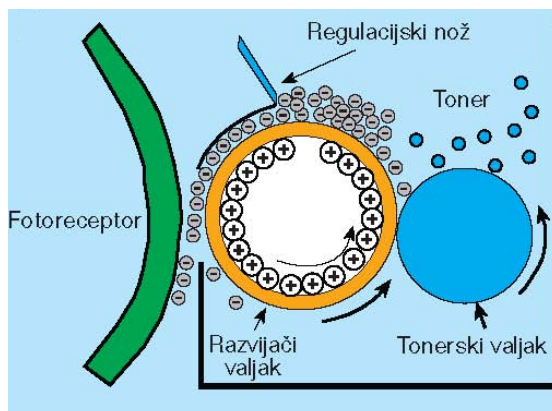
Jednokomponentno razvijanje tonera primjenjuje se kod elektrofotografskih strojeva koji negativski nabijaju fotoreceptorsku površinu.

U kserografiji se razvijanje jednokomponentnog tonera može odvijati na dva načina:

- razvijачkom jedinicom koja sadrži razvijачki valjak s permanentnim magnetom*
- razvijачkom jedinicom koja sadrži razvijачki valjak i tonerski valjak.*

Oba razvijачka sustava konstrukcijski su slična i zajednički posjeduju: toner, razvijачki valjak i regulacijski nož. Jedina razlika postoji u načinu provođenja trenja kojim se stvara pozitivan naboj na površini razvijачkog valjka.

Kod sistema s jednim valjkom trenje nastaje s pomoću fiksnoga permanentnog magneta koji se nalazi u unutrašnjosti razvijачkog valjka. U sustavu s dva valjka trenje nastaje zbog pritiska tonerskog valjka. Formiran pozitivan naboj na razvijачkom bubnju privlači negativno nabijene



Slika 10 - Princip rada razvijачih jedinica na bazi jednokomponentnog tonera

čestice tonera. Željeni nanos tonera na razvijačkom valjku regulira se razmakom regulacijskog noža u odnosu na razvijački valjak. Između čestica tonera i tiskovnih elemenata virtualne tiskovne forme postoji jako privlačno elektrostatsko polje. Takvo privlačno polje omogućit će brz prelazak tonera s razvijačkog valjka na tiskovne elemente fotoreceptora.

Dvokomponentno razvijanje

Dvokomponentno razvijanje tonera primjenjuje se u visokoproduktivnim elektrofotografskim strojevima. Za dvokomponentno razvijanje karakterističan je dvokomponentni toner poznat pod nazivom razvijač. Dvokomponentni toner je smjesa dviju vrsta čestica: magnetskih nosećih čestica i tonerskih čestica.

Nositelji tonera građeni su od magnetizirajućih metala (željezo ili čelik), koji su nepravilnoga sfernog oblika. U prvim elektrofotografskim strojevima veličina čestica nositelja tonera kretala se u granicama između 150 i 300 μm . Današnja veličina novih nositelja tonera reducirana je i kreće se oko 120 μm .

Kao i kod jednokomponentnih razvijačkih sustava, između fotokonduktora i tonerskih čestica djeluju identična elektrostatska polja, kojima se osigurava točna pozicija tonerske slike.

Proces razvijanja dvokomponentnog tonera je dosta složen i najčešće se koriste sljedeće tri konstrukcije:

a) Razvijanje magnetskom četkom bazirano je na statičkim magnetima koji su smješteni u unutrašnjosti valjka

b) Razvijačke jedinice s dva razvijačka valjka primjenjuju se kod visokokvalitetnih elektrofotografskih strojeva. Osnovni dio je kućište u kojemu se vrši miješanje s lopatnim valjkom

c) TonerJump jedinica za razvijanje konstruirana je za visoku produkciju. Kod ovakve razvijačke konstrukcije, na početku razvijačkog procesa nalazi se tonerska kutija u kojoj je stalno kontrolirana razina tonera, te se potrošeni toner nadopunjava novim iz dodatnog spremnika.

U beskontaktnom razvijanju, jednoličan sloj tonera se prenosi s razvijačkog valjka na fotokonduktor. Toner se pritom kreće kroz zračni međuprostor u kojem djeluje odgovarajući elektrostatski potencijal. Održavanje takvog potencijala omogućeno je dodatnim uređajem za napajanje (koji distribuira izmjeničnu struju). Valjak za hvatanje čestica nositelja također je u kontaktu s razvijačkim valjkom. Njime je spriječen unos većeg broja čestica nositelja na površinu fotoreceptora. Neiskorištene čestice tonera se sabiru i vraćaju u jedinicu za miješanje.

Sveukupno neiskorištena dvokomponentna mješavina eliminira se s pomoću magnetskog valjka za čišćenje. Između površine razvijačkog valjka i valjka za čišćenje također postoji razlika u elektrostatskom potencijalu, te se na taj način stvara elektrostatsko polje koje privlači smjesu razvijača i tonera. Time se u potpunosti održava čistoća površine razvijačkog valjka. Da u procesu otiskivanja ne bi došlo da neujednačene koncentracije čestica tonera u razvijačkoj jedinici, potrebno je izvršavati bočno razribavanje.

To se provodi spiralnim valjkom koji je smješten na dnu razvijачke posude. Spiralni valjak svojim aksijalnim gibanjem jednolično distribuira nove nositelje tonera. Tonerske čestice koje nisu iskorištene za formiranje tonerske slike uklanjaju se vakuujskom pumpom. Vakuumska pumpa smještena je uz fotoreceptor i ona pri radu usisava preostale čestice tonerske prašine.

2.6. RAZVIJANJE U ELEKTROFOTOGRAFIJI S TEKUĆIM TONERIMA

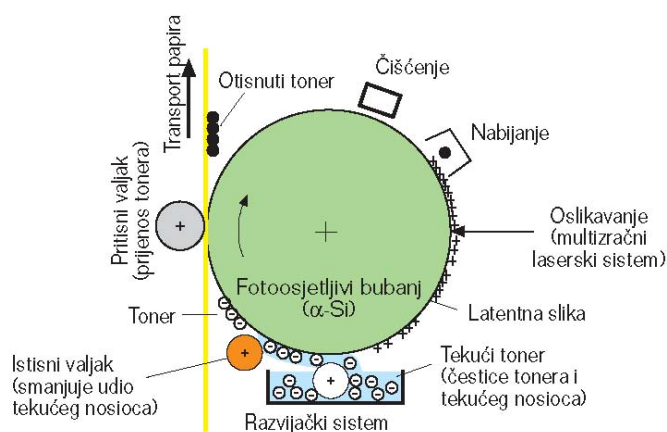
Elektrofotografski princip otiskivanja s tekućim tonerima mnogo je rjeđi u odnosu na elektrofotografiju s praškastim tonerima. Tvrtke Mitsubishi i HP Indigo najviše su odmakle u razvoju takvog procesa, i još ga uvijek unaprjeđuju.

Osnova takvog procesa je tekući toner. On se sastoji od tekućeg nositelja u kojemu su raspršeni negativno nabijeni pigmenti veličine između 1 i 3 μm . U elektrofotografskim sustavima s tekućim tonerom karakterističan je i fotokonduktor, koji je građen od amornog silikona. Fotokonduktor se negativskim postupkom nabija i osvjetljava laserskim sustavom koji odjednom proizvodi više laserskih zraka. Na tako formiranu latentnu tiskovnu formu direktno se nanosi tekuće bojilo.

Pritom se koristi jedan valjak, koji je permanentno pozitivno nabijen.

U fazi razvijanja potrebno je pigmentne čestice odvojiti od tekućeg nositelja. Pritom se koristi istisni (squeegee) valjak. Djelovanjem istisnog valjka reducira se ukupna količina tekućeg bojila na fotokonduktoru, čime je stvoren vrlo tanki nanos na tiskovnim elementima. Izravnim pritiskom fotokonduktorskog bubnja o papir postiže se visokokvalitetan otisak, koji je osušen kombinacijom penetracije i evaporacije.

Pri takvom se transferu tekući nositelji moraju u potpunosti eliminirati s fotokonduktorske površine. Zbog toga je transferni proces potpomognut kontroliranim naponom i toplinom. Kvaliteta otiska u odnosu na ostale elektrofotografske sustave mnogo je veća, što se pripisuje maloj veličini čestica pigmentnog tonera.



Slika 11 - Princip rada elektrofotografije s tekućim tonerima

Razvijanje tekućeg Electroinka

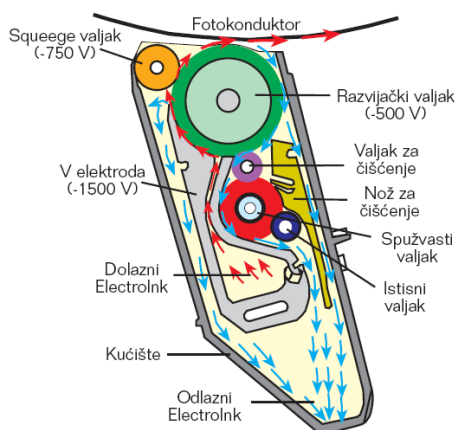
U prvom elektrofotografskom stroju s tekućim Electroinkom (Indigo E-print 1000) ugrađen je samo jedan uređaj za razvijanje. On svojom satelitskom konstrukcijom nanosi i razvija ukupno 6 bojila. Zbog učestalih kontaminacija bojila, satelitska konstrukcija zamijenjena je BID konstrukcijom (BID = Binary Ink Developer). BID konstrukcija, tako, sada sadrži i do 7 odvojenih uređaja za nanašanje i razvijanje tonera.

Pojedinačne BID jedinice su selektivno pokretljive. One se u momentu razvijanja priljubljuju uz površinu fotokonduktora, te se po završetku razvijanja vraćaju u početnu poziciju. Pri aktivaciji određene BID jedinice bojilo se prvo izvlači V elektrodom iz spremnika i dovodi do razvijačkog valjka.

U tom trenutku udio pigmenta u bojilu iznosi oko 13 posto. Djelovanjem squeegee valjka smanjuje se količina mineralnog ulja na razvijačkom valjku, zbog čega se povećava i koncentracija pigmenta. Na samom kraju razvijačkog procesa udio pigmenta na razvijačkom valjku iznosi 24 posto.

Pri međusobnom kontaktu razvijačkog valjka i fotokonduktora, tiskovni elementi na latentnoj tiskovnoj formi privlače čestice ElectroInka. Pritom se na fotokondukturu formira tonerska slika s debljinom nanosa od 6 μm . Nakon ostvarenog transfera sav preostali ElectroInk na površini razvijačkog valjka je suvišan.

Čišćenje razvijačkog valjka provodi se uz pomoć valjka za čišćenje. Valjak za čišćenje je uz to konstantno vlažen mineralnim uljem, koje je nanoseno mekanim spužvastim valjkom. Mineralno ulje se zajedno s otopljenim česticama ElectroInka skida (poliuretanskim rakelom) i vraća u spremnik.



Slika 12 - BID

Bojila u elektrofotografiji

Jednokomponentna bojila su veličine između 10 i 30 μm . Sastoje se od poliesterske stiren-akrilne smole (50 posto) i magnetizirajućeg željeznog pigmenta (50 posto). Premazuju se električno provodljivim ugljikom. Kod razvijanja tonera presudnu ulogu ima termoplastična smola koja se pri visokoj temperaturi brzo tali, odnosno hlađenjem se brzo skrućuje.

Kod dvokomponentnog razvijanja imamo dvokomponentni toner. Dvokomponentni toner je smjesa dviju vrsta čestica: magnetskih nosećih čestica i tonerskih čestica. Nosioci tonera građeni su od magnetizirajućih metala (željezo ili čelik), koji su nepravilnog sfernog oblika. Veličina nosilaca tonera se kreće oko 120 μm .

U ukupnoj masi razvijачa, čestice tonera su zastupljene od 0,5 do 4 posto. Čestice tonera su sitne i njihovi se promjeri kreću između 5 i 15 μm . Sam toner po sastavu je mješavina i u sebi sadrži: smole, nosioce obojenja, sredstava za kontrolu naboja i dodatke.

Tekući toner se sastoji od tekućeg nosioca u kojemu su disperzirani negativno nabijeni pigmenti veličine između 1 i 3 μm . U fazi razvijanja potrebno je pigmentne čestice odvojiti od tekućeg nosioca. Pritom se koristi istisni (squeeze) valjak. Djelovanjem istisnog valjka reducira se ukupna količina tekućeg bojila na fotokonduktoru, čime je stvoren vrlo tanak nanos na tiskovnim elementima. Direktnim pritiskom fotokonduktorskog bubnja o papir postiže se visoko kvalitetan otisak koji je osušen kombinacijom penetracije i evaporacije.

Kvaliteta otiska u odnosu na ostale elektrofotografske sustave mnogo je veća, za što je zaslužna mala veličina čestica pigmentnog tonera.

2.7. TRANSFER TONERA

Tonersku je sliku nakon razvijanja potrebno prenijeti na tiskovnu podlogu. U elektrofotografiji je to provedivo na dva načina: direktnim transferom i indirektnim transferom.

Direktni transfer

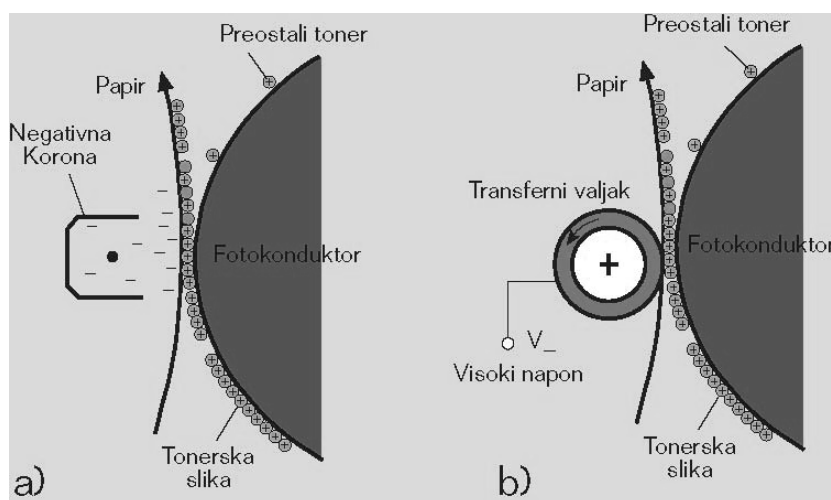
Pri direktnom elektrofotografskom tisku tiskovna se podloga (obično papir) dovodi u izravni kontakt s fotokonduktorom. Za što učinkovitiji prijenos tonera s fotokonduktora na tiskovnu podlogu, potrebno je ugraditi transferni uređaj. On se smješta s donje strane tiskovne podloge i pri svom radu generira pozitivno nabijene ione. Potencijal pozitivno nabijenih iona ovisan je o potencijalu korištenog tonera, te je uvijek suprotnog predznaka. Po konstrukciji razlikujemo dva tipa transfernih uređaja: transferne korone i transferne valjke.

Transfernom koronom omogućen je i beskontaktni prijenos tonera s fotokonduktora na papir. Pritom se prenaša samo površinski sloj tonerske slike, čime se postiže i manji nanos tonera na papiru. Veći nanos tonera na otisku je moguć i ostvaruje se mehaničkim dodiranjem triju tijela (fotokonduktor - toner - papir). Pritom je formirano i jače elektrostatsko polje između tonera i transferne korone.

Prijenos je moguć i transfernim valjkom. Transforni valjak je građen od metalne vodljive jezgre presvučene električki provodljivom gumom. Valjak je smješten tik uz fotoreceptor, čime je ostvaren fizički kontakt fotokonduktorskog bubnja i tiskovne podloge.

Elektrofotografski strojevi koji koriste takvu tehnologiju transfera obično koriste tiskovne podloge u roli. U zoni dodirivanja formira se veći tlak, koji rezultira i dodatnim glačanjem po cijeloj širini papirne role. Time je osigurana veća produktivnost i manji broj zastoja.

Za postizanje ujednačenosti kvalitete otiskivanja, transforni valjak se spaja s dodatnim uređajem za električno napajanje. Ovisno o tipu i debljini tiskovne podloge, napon transfornog valjka je moguće mijenjati, čime je postignuta regulacija jačine elektrostatskog polja "toner - transforni valjak". Efikasnost transfera definirana je kao postotak prenesenog tonera s fotokonduktorske površine na papir, i obično je veća od 90 posto.



Slika 13 - Konstrukcija uređaja za direktno prenošenje tonera na papir

Indirektni transfer

Kod indirektnog otiskivanja tiskovna podloga nije u direktnom dodiru s fotokonduktorom, već se kontakt izvodi posredstvom prijenosnog medija. Za uspješnu provedbu indirektnog transfera potrebno je prvo nanijeti toner na površinu prijenosnog medija, s koje će se toner dalje prenijeti na tiskovnu podlogu. Pritom se koriste specijalni prijenosni mediji, koji mogu biti u obliku beskonačnog remena ili kao navlaka na prijenosnom cilindru.

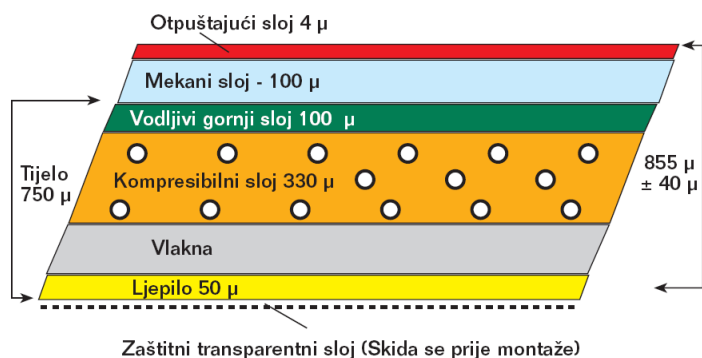
Elektrofotografski strojevi koji koriste tekuće ElectroInk bojilo izvode transfer s pomoću centralnoga ofsetnog cilindra. Za ElectroInk bojilo je karakteristično da je uz proces transfera usko vezan proces fuziranja, drugim riječima, tijekom transfera bojilo se priprema (zagrijava) za trajno fuziranje za papir. Konstrukciju transfernog cilindra karakteriziraju dva osnovna dijela: grijač i vanjska površina cilindra (spojena s električnim napajanjem).

Ofsetni cilindar direktno je spojen s istosmjernim električnim napajanjem. Pritom se na vanjskoj površini cilindra formira permanentni pozitivan napon, koji osigurava dobar transfer boje s fotokonduktora na ofsetni cilindar. Istodobno se s ugrađenom grijačom lampom zagrijava cjelokupna površina cilindra. Na vanjsku površinu ofsetnog cilindra montirana je specijalna gumena navlaka, koja u ovakvom indirektnom otiskivanju omogućava:

1. Prihvaćanje tekućeg ElectroInka s fotokonduktora
2. Promjenu viskoziteta ElectroInka
3. Transfer ElectroInka na tiskovnu podlogu.

Za zadovoljavanje spomenutih preduvjeta, gumena navlaka mora biti: električki provodljiva, otporna na visoke temperature i kompresibilna.

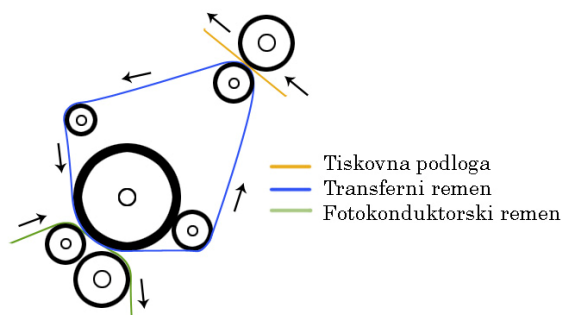
Aktivacijom PTE (Pre Transfer Erase) lampe započinje proces prenašanja bojila. Svjetlost sa PTE lampe neutralizirat će površinu fotokonduktora, čime je stvorena mogućnost otpuštanja negativno nabijenog bojila s fotokonduktora na pozitivno nabijen prijenosni cilindar. Pri izvođenju prvog transfera, tekući ElektroInk doveden je u kontakt sa zagrijanom gumenom navlakom. Pri visokoj temperaturi tekući nositelj (ISOPAR) započinje snažno evaporiranje, što rezultira promjenom agregatnog stanja ElektroInka. U vrlo kratkom vremenskom razdoblju, bojilo iz tekućeg stanja prelazi u pastozno stanje.



Slika 14 - Presjek gume i njezin sastav

Zbog satelitske konstrukcije (jedna te ista navlaka ofsetnog cilindra koristi se za tisak svih instaliranih bojila), transfer bojila s ofsetne gume na tiskovnu podlogu mora biti 99,9 posto. Ovisno o vrsti tiskovne podloge i stanju ofsetne navlake, udio ISOPARA se u pastoznom bojilu može regulirati. To je ostvareno s mogućom promjenom radne temperature ofsetnog cilindra, koja se kreće između 125 °C i 145 °C.

Beskonačni remen se upotrebljava kad zbog izmjene naboja između elektroprovodivog tonera i papira nije moguće toner prenijeti klasičnim načinom s pomoću korone. Zbog ovoga je razvijen novi način prijenosa, gdje se toner prenosi pritiskom gumenoga silikonskog pojasa. Čestice tonera se zadržavaju na pojasu adhezivnim silama, koje moraju biti jače od elektrostatskih sila na površini fotokonduktora. Te sile se prije transfera mogu smanjiti dodatnom ekspozicijom. Učinkovitost prijenosa tonera na silikonski beskonačni pojas je vrlo velika, ovisi o gustoći nanosa tonera na fotokondukturu, te iznosi od 95 do 100 posto. Toner se na silikonskom pojasu zagrijava prije prijenosa na papir, to ga čini pastoznim, te je u tom stanju otisnut na papir. Kako bismo temperaturu pojasa držali što manjom, te da bismo spriječili naglo hlađenje tonera prijenosom na papir, papir se zagrijava.



Slika 15 - Beskonačni remen

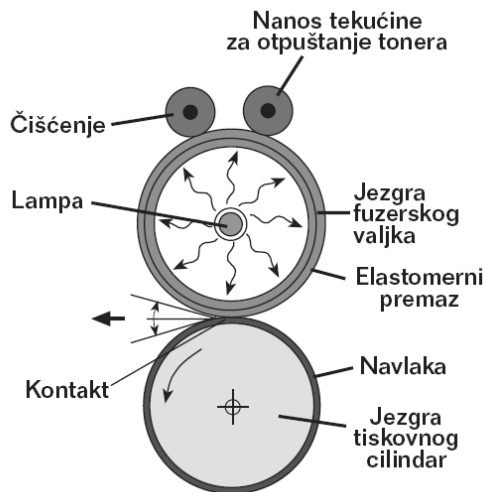
2.8. FUZIRANJE TONERA U ELEKTROFOTOGRAFIJI

Fuziranje tonera je vrlo složen proces. Pri otiskivanju, u kontaktu se moraju naći čestice tonera i tiskovna podloga (najčešće papir). Pri tom srazu dolazi do međusobnog privlačenja elektrostatskim silama, ali i međumolekularnim Wandervaalsovim silama. Pritom privlačenje čestica tonera i papirnih vlaknaca nije ujednačeno, i samo niži slojevi nanesenog tonera imaju privilegij kvalitetnijeg vezivanja. Većina prenesenog tonera ostaje nestabilna i nije otporna na mehaničko otiranje. Zbog tog razloga potrebno je dodatno fiksiranje čestica tonera za tiskovnu podlogu. Za tu potrebu konstruirani su specijalni uređaji koji se nazivaju fuzeri.

Postoje različiti tipovi jedinica za fuziranje. Najčešće su u upotrebi fuzeri koji primjenjuju tehniku uprešavanja ili fuziranja zračenjem. Suvremene fuzerske jedinice uglavnom primjenjuju tehnologiju tzv. toplog fuziranja. Takvo se fuziranje bazira na činjenici da je toner građen od termoplastičnog (polimernog) materijala koji zagrijavanjem mijenja agregatno stanje. Pri takvom fuziranju toner se podvrgava temperaturi i do 160 °C. Zagrijavanjem toner mijenja svoje agregatno stanje, te od krutine nastaje talina, pasta i, na kraju, tekućina.

Hladno fuziranje primijenjeno je u mehanički jeftinijim modelima elektrofotografskih strojeva. U hladnoj fuzerskoj jedinici čestice tonera izložene su parama freona.

Pritom dolazi i do omekšavanja tonera, što rezultira promjenom agregatnog stanja iz tekućine u paru. Kvaliteta otisaka je iznimna, jer se pri takvom fuziranju tiskovna podloga ne zagrijava i ostaje u svom prirodnom stanju. U elektrofotografiji postoje i alternativne metode fuziranja. To su fuziranje laserom, mikrovalovima i fuziranje vodenom parom. Njihova je efikasnost još uvijek upitna, tako da još nisu u komercijalnoj upotrebi.



Slika 16 - Prikaz najčešćeg načina fuziranja, fuziranja valjcima

2.9. ČIŠĆENJE FOTOKONDUKTORA U ELEKTROFOTOGRAFIJI

Po završetku fiksiranja potrebno je površinu fotokonduktora pripremiti za novi ciklus oslikavanja. Nakon završenog procesa otiskivanja, na površini fotokonduktora zaostaje napon virtualne tiskovne forme zajedno s ostacima tonerskih čestica koje se tijekom transfera nisu prenijele na prijenosni medij, odnosno tiskovnu podlogu. Zbog toga je potreban proces čišćenja, koji se izvodi u dvije faze:

- brisanjem napona virtualne tiskovne forme
- skidanjem ostataka tonera s fotokonduktora.

Skidanje praškastih tonera

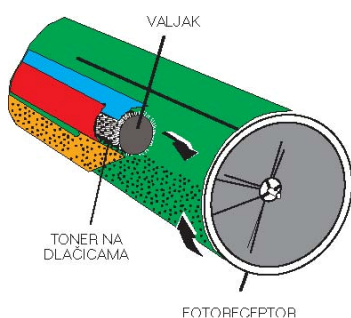
Neprenesene čestice tonera s tonerske slike na papir ostaju zadržane za fotokonduktor slabim elektrostatskim poljem. Za lakše otklanjanje tonera, fotokonduktorska površina se izlaže djelovanju svjetlosnih izvora (fluorescentne lampe, neonske lampe, bljeskalica, LED). Tijekom osvjetljavanja dolazi do neutralizacije cjelokupne fotokonduktorske površine, pri čemu nestaje jako elektrostatsko polje (formirano nabijanjem i osvjetljavanjem laserom). Sličan je učinak moguće stvoriti djelovanjem korotrona napajanog izmjeničnom strujom.

Nakon brisanja elektrostatskog polja čestice tonera mehanički se skidaju s površine fotokonduktora. Mehaničko čišćenje moguće je izvesti na tri načina: čišćenjem elastičnim nožem, čišćenjem mekanom četkom i čišćenjem magnetskom četkom.

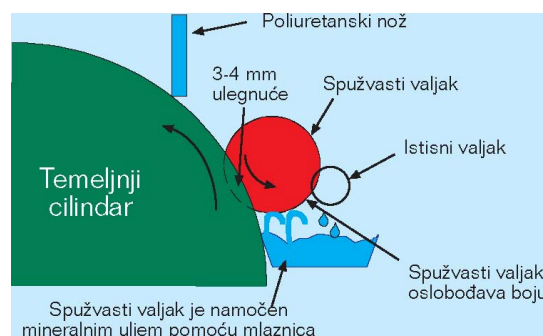
Skidanje tekućih tonera

Kod tekućih tonera, čišćenje započinje svjetlosnom neutralizacijom. Međutim, zbog sastava boje, pri mehaničkom skidanju koristi se specijalno konstruirana jedinica za čišćenje. Takva se jedinica sastoji od: kućišta, mlaznica za nanašanje tekućeg nositelja, spužvastog valjka, valjka za cijedenje i poliuretanskog noža.

Mehaničko čišćenje započinje nanašanjem tekućeg nositelja na spužvasti valjak. Namočen spužvasti valjak je u izravnom kontaktu s fotokonduktorom, te ga jednolično vlaži. Dodatkom tekućeg nositelja ostaci ElektroInka će se potpuno razrijediti. Tekući nositelj s otopljenim ostacima ElectroInka lako se skida elastičnim poliuretanskim nožem.



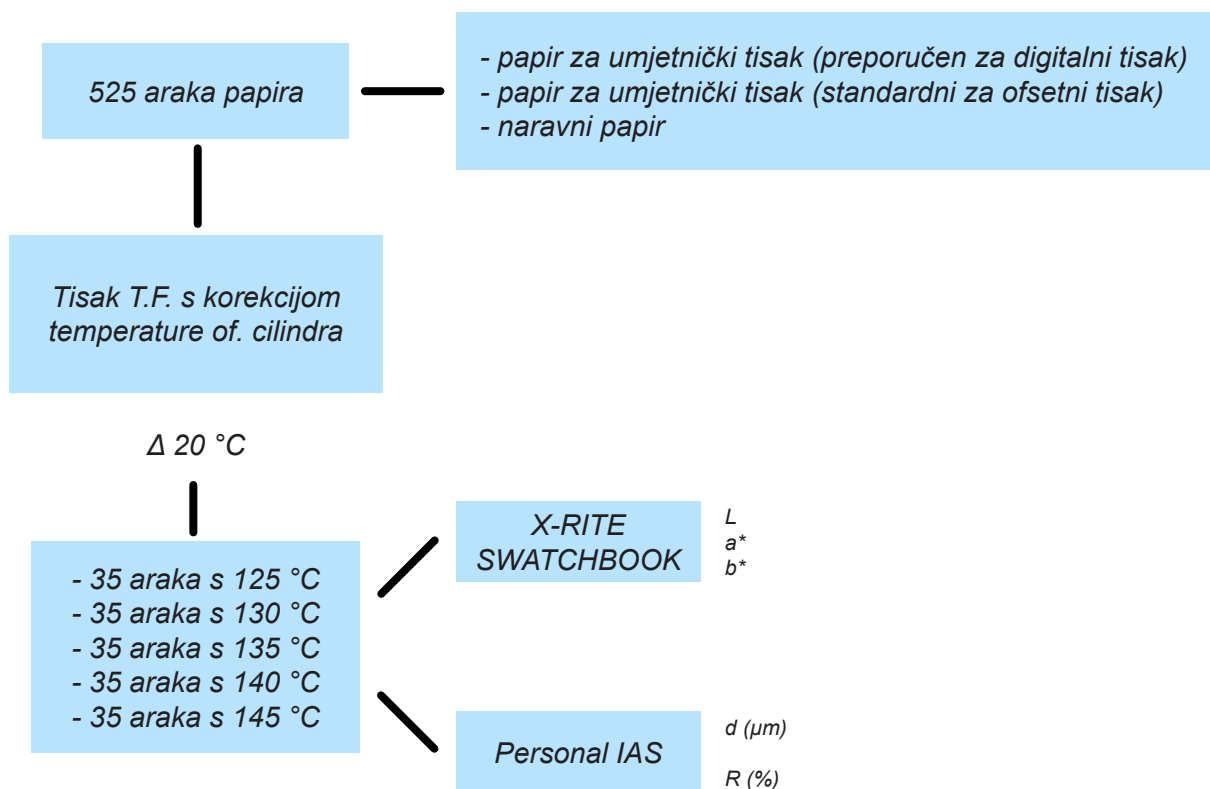
Slika 17 - Princip čišćenja magnetskom četkom



Slika 18 - Jedinica za čišćenje tekućeg ElectroInka, jedan od najčešćih načina skidanja viška tonera s fotoreceptora

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. METODOLOGIJA RADA



Za otiskivanje eksperimentalnih uzoraka korišten je elektrofotografski tiskarski stroj HP Indigo TurboStream.

Kalibriranim strojem pristupilo se eksperimentalnom otiskivanju, na sljedećim tiskovnim podlogama:

- standardni papir za klasični ofset (papir za umjetnički tisak, gloss)
- specijalni papir za digitalni tisak (mat)
- standardni nepremazani papir za klasični ofset.

Nakon toga slijedilo je ispitivanje utjecaja temperature na prvi transfer indirektnog elektrofotografskog tiska. Tijekom eksperimenta varirano je pet različitih vrijednosti temperature, unutar kojih su i ekstremne vrijednosti koje nisu preporučljive u komercijalnom tisku. Svaka je varijacija otiskivana u 35 primjeraka. Dobiveni otisci su bili podvrgnuti denzitometrijskoj i spektrofotometrijskoj analizi.

3.2. KORIŠTENI UREĐAJI

HP Indigo TurboStream

Eksperimentalni dio ovoga rada izvršen je na katedri Tiska Grafičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Pritom je korišten elektrofotografski tiskarski stroj HP Indigo TurboStream. Osnovna karakteristika HP Indigo TurboStreama je indirektan način otiskivanja s ispisnom rezolucijom od 812 DPI. Indigo TurboStream je standardno četverbojni stroj, s mogućnošću proširenja za dvije dodatne boje po izboru. Ugradnjom duplex ladice omogućen je obostrani tisak do maksimalnog formata 320 x 464 mm.

Standardna brzina otiskivanja je 60 cm/s, tj. proizvodna brzina je ovisna o broju separacija na otisku. Tako, standardni četverbojni HP Indigo u maksimalnom formatu otiskuje 4000 jednobojnih otisaka na sat, odnosno 1000 četverbojnih otisaka na sat.



Slika 19 - 3D shema HP Indigo TurboStreama

U HP Indigo ugrađeno je PC računalo s procesorom Pentium III. Osnova takvog računala je tvrdi disk od 36 GB (za pohranu poslova) i radna memorija od 384 MB. Od perifernih jedinica Indigo sadrži LCD monitor, CD ROM, JAZ drive, Floppy disk i linijski X-rite denzitometar. Osim obostranog i šesterbojnog tiska, dodatne programske opcije su automatsko sabiranje, HDI (High Density Image) i kolorna personalizacija.

Tablica 1 - Karakteristike HP Indigo TurboStreama

KARAKTERISTIKE	CIJAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA
Denzitometrijske vrijednosti gustoće obojenja	1	1,44	1,15	1,77
RTV na području od 50 % RTV nakon kalibracije	75,6 %	76,9 %	74,4 %	75,2 %
Napon koronske žice	- 5740 V	- 5740 V	- 5740 V	- 5740 V
Napon skorotronske mrežice	- 790 V	- 790 V	- 790 V	- 790 V
Snaga lasera	10 μ W/mA	8 μ W/mA	1 μ W/mA	7 μ W/mA
Napon razvijaačkog bubnja	- 331 V	- 348 V	- 410 V	- 388 V
Napon povratnih valjaka	- 81 V	- 48 V	- 210 V	- 38 V
Napon squeegee valjka	- 1440 V	- 1440 V	- 1440 V	- 1440 V
Napon ofsetnog cilindra	- 520 V	- 520 V	- 520 V	- 520 V
Temperatura gume	130 °C	130 °C	130 °C	130 °C
Gustoća obojenja tekućeg El.Inka	1,76	1,71	1,72	1,70

X-rite Swatch Book

Spektrofotometar X-rite SwatchBook je laboratorijski spektrofotometrijski uređaj koji služi za precizno određivanje obojenja. Uređaj nije sposoban za rad samostalno, te ga je potrebno spojiti na računalo. Veza korisnika i uređaja ostvarena je s pomoću programa ColorShop 2.6.

Programom ColorShop 2.6 moguće je izmjeriti kolorimetrijsku vrijednost obojenja, koja se može iskazati kao: gustoća obojenja statusom A, gustoća obojenja statusom E, gustoća obojenja statusom M, gustoća obojenja statusom T, RTV obojenja, CIE Lab, CIE XYZ, CIE xyY, CIE LCh, CIE Luv, RGB, vrijednost PANTONE uzoraka, ΔE CIE Lab, spektralne refleksije i spektralne transmisije.



Slika 20 - X-rite Swatch Book

Tablica 2 - Karakteristike X-rite Swatch Book

Točnost	1 ΔE max < 5 prosjek
Spektralni senzor	DRS tehnologija
Spektralni opseg mjerenja	400 nm - 700 nm
Ponovljivost	0,2 ΔE max
Brzina mjerenja	2 s po mjerenju
Instrumentsko slaganje	1 ΔE max < 0,5 prosjek
Mjerna geometrija	45% ANSI i ISO standard
Izlaz	31 točka spektralnih podataka, kolorimetrijski podatci statusa (T,I,A i E)
Dimenzije/Masa	6,9cm x 7,6cm x 13,7cm / 340 g
Izvor svjetlosti	A, C, D _{50'} , D _{55'} , D _{65'} , D _{75'} , F _{2'} , F _{7'} , F _{11'} , F ₁₂
Kut promatranja po CIE	2°, 10°
Mjerni zaslon	4 mm

Personal IAS (Image Analysis System)

Za analizu reprodukcije rasterskih točaka koristio se uređaj za slikovnu analizu (Personal IAS), koji je konstruiran za izučavanje pojedinačne rasterske točke. Posjeduje kameru koja mu omogućava povećanje od 100x.



Slika 21 - Personal IAS

Tablica 3 - Karakteristike Personal IAS uređaja

Rezolucija	5 μ po pikselu
Spektralni senzor	Colour CCD (640 x 480)
Ponovljivost	+ - 2 μ +- (D)
Brzina mjerenja	6 s po mjerenju
Monitor	536 color LCD (320 mm x 240 mm)
Mjerna geometrija	45 °/ 0 °
Dodatci	Adapter za izmjeničnu struju (100 V - 240 V)
	USB kabel
	Upute s testnim formama i softwareom
Dimenzija/Masa	23,1 cm x 9,4 cm x 5,3 cm / 850 g
Kalibracija	Tvornički kalibriran
Napajanje	Regeneracijska baterija

3.3. KORIŠTENI MATERIJALI

Bezdrveni naravni papir

Papir Arcoprint E.W. je 100 posto bezdrveni nepremazani ofsetni papir proizveden u tvornici papira Fedrigoni. Arcoprint je, kao i Simbol, ekološki prihvatljiv papir, koji posjeduje neutralnu pH vrijednost celuloznih vlakana i koncentraciju klornih derivata ispod 0,6 kg/T. Arcoprint posjeduje i dodatni certifikat CE 94/62, kojim se jamči niska koncentracija teških metala (kadmija, kroma, aive i olova) u papiru. Oznaka E.W. u nazivu papira definira i visok stupanj bjeline.

Specijalni papir za digitalni tisak

Splendogel EW Soho je premazani papir visokog stupnja bjeline. Površinskim premazivanjem i dimenzijom 320 x 464 mm prilagođen je tiskarskom stroju HP Indigo TurboStream, čime se ostvaruje visoka kvaliteta obostranog otiskivanja. U odnosu na prethodno spomenute tiskovne podloge, Splendogel EW je po svojim mehaničkim svojstvima mnogo sličniji naravnom papiru (Arcoprint EW).

Standardni papir za umjetnički tisak

Papir Simbol freelif gloss je proizvod talijanskog proizvođača papira Fedrigoni i spada u skupinu papira za umjetnički tisak. On je obostrano premazan papir i u svom sastavu sadrži: 50 posto čiste bezdrvene pulpe, 40 posto korištenih recikliranih vlakana i 10 posto pročišćenih recikliranih vlakana. Specifičnost proizvodnje toga papira je u tzv. neutralnoj pH vrijednosti papirnoga vodenog ekstrakta.

Ovaj papir posjeduje oznaku ISO 9706 (otporan na starenje), što znači da je pH vrijednost u pulpi između 7,5 i 10 pH. Simbol posjeduje i oznaku ECF (Elemental Chlorine Free), koja definira niski udio klora koji se koristi za izbjeljivanje celuloznih vlakana (masa klora je manja od 0,6 kg po toni proizvedenog papira).

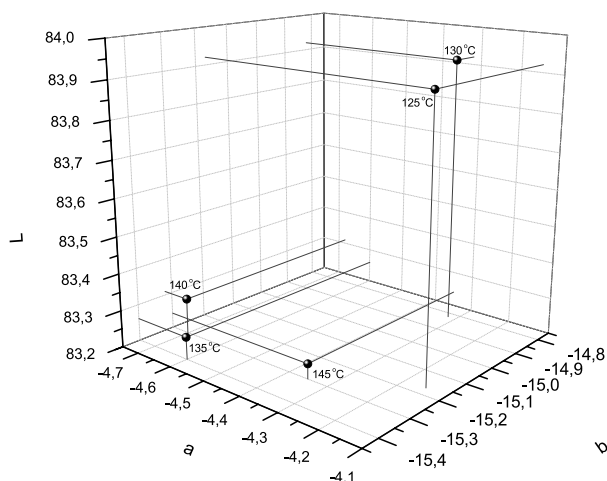
Tablica 4 - Karakteristike papira korištenih u eksperimentu

PARAMETRI	ARCOPRINT	SPLENDOGEL	SYMBOL
Gramatura	120 g/m ²	160 g/m ²	115 g/m ²
Debljina	0,151 mm	0,170 mm	0,099 mm
Bjelina	94 %	93 %	95 %
Upojnost	31,74 g/m ²	38,49 g/m ²	34,43 g/m ²
Glatkoća	265,8 ml/min	57,5 ml/min	30,5 ml/min

4. REZULTATI I DISKUSIJA

L*a*b* rezultati spektrofotometrijskih mjerenja otisaka sekundarnih boja obrađeni su s pomoću računalnog programa OriginPro 8.0, te su prikazani trodimenzionalnim grafovima.

Na slikama 22, 23, 24 i 25 prikazan je utjecaj temperature na obojenje osnovnih procesnih boja na ofsetnom papiru.



Slika 22 - Lab vrijednosti punog tona cijana, otisnutog na papiru Arcoprint

Otisak CIJANA na ofsetnom papiru. S promjenom temperature ofsetnog cilindra za 5 °C, u rasponu od 125 °C do 145 °C, mijenjaju se i razlike u obojenju (ΔE).

Minimalno povećanje temperature ($\Delta T = 5 \text{ °C}$) rezultiralo je razlikom u obojenju (ΔE) od 0,2874, odnosno $\Delta E_{125 \text{ °C} - 130 \text{ °C}} = 0,2874$. Tim povećanjem temperature dobivena je, zapravo, minimalna razlika u obojenju.

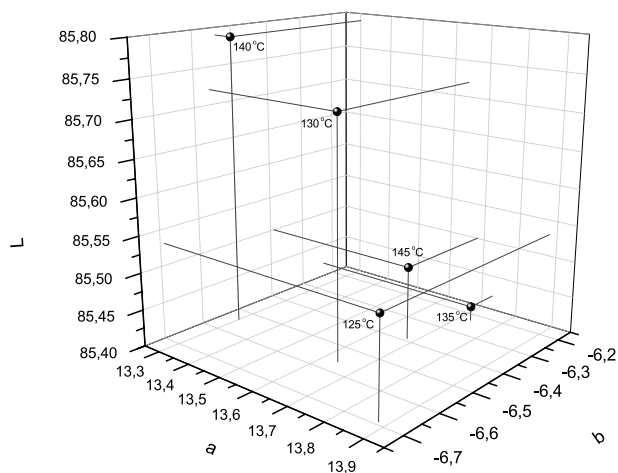
S dodatnim povećanjem temperature za 5 °C ($\Delta T = 10 \text{ °C}$) dobivena je veća razlika u obojenju od prethodne i ona iznosi 0,6410, odnosno $\Delta E_{125 \text{ °C} - 135 \text{ °C}} = 0,6410$. Karakteristično je da je ta razlika nastala mnogo više po svjetlini, tj. otisak je tamniji, nego po kromatičnosti.

Kad je temperatura ofsetnog cilindra povećana za daljnjih 5 °C ($\Delta T = 15 \text{ °C}$), odnosno sa 135 °C na 140 °C, nastala je najveća razlika u obojenju (u odnosu na minimalnu razliku, povećanje je nešto više od 235 posto), odnosno $\Delta E_{125 \text{ °C} - 140 \text{ °C}} = 0,6769$. Uočljivo je da se ovdje osim promjene po svjetlini događa i značajna promjena po kromatičnosti.

Naposljetku, s maksimalnim povećanjem temperature ofsetnog cilindra ($\Delta T = 20 \text{ °C}$), tj. kad je temperatura povećana sa 140 °C na 145 °C, razlika u obojenju je pala za 0,500 i tada je $\Delta E = 0,1769$.

Ovakvo kretanje vrijednosti razlika u obojenju s obzirom na temperaturu ofsetnog cilindra odgovara Gausovoj raspodjeli.

Za tisak cijana na ofsetnom papiru preporučuje se temperatura ofsetnog cilindra od 130 °C.



Slika 23 - Lab vrijednosti punog tona magente, otisnute na papiru Arcoprint

Otisak MAGENTE na ofsetnom papiru. Najmanja razliku u obojenju $\Delta E_{125\text{ }^{\circ}\text{C} - 130\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,2260$ dobivena je prvim povećanjem temperature.

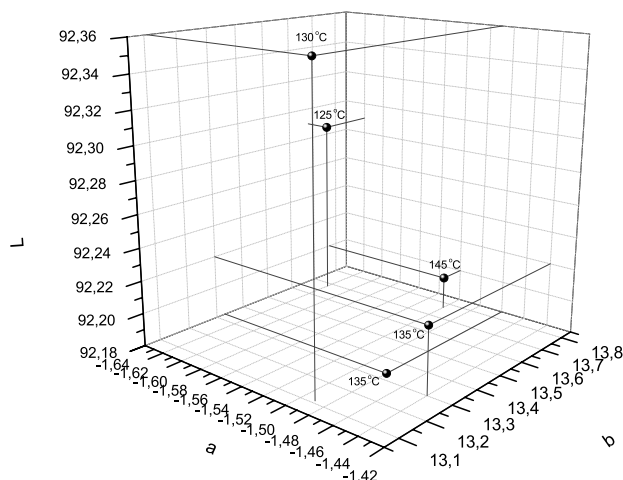
Nešto veća razlika u obojenju ostvarit će se s povećanjem temperature ofsetnog cilindra za $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta T_{125\text{ }^{\circ}\text{C} - 135\text{ }^{\circ}\text{C}}$) i u tom slučaju je $\Delta E = 0,3215$. U ovome slučaju, za razliku od cijana, razlika u obojenju nastala je više po kromatičnosti nego po svjetlini.

Maksimalna razlika u obojenju dobivena je s povećanjem temperature na $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\Delta T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$). U tim je uvjetima $\Delta E_{125\text{ }^{\circ}\text{C} - 140\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,4711$, što je razlika u odnosu na minimalno povećanje od $0,2451$. Osim promjene po svjetlini, u ovome slučaju postoji i znatna promjena po kromatičnosti.

Sljedeća promjena temperature ofsetnog cilindra, tj. njezino maksimalno povećanje ($\Delta T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$), rezultirala je smanjenjem razlike u obojenju na $\Delta E_{125\text{ }^{\circ}\text{C} - 145\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,2329$. Promjene po svjetlini gotovo i nema.

Takvo kretanje vrijednosti razlika u obojenju odgovara Gausovoj raspodjeli.

Za tisak magente na ofsetnom papiru preporučuje se temperatura od $130\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Slika 24 - Lab vrijednosti punog tona žute, otisnute na papiru Arcoprint

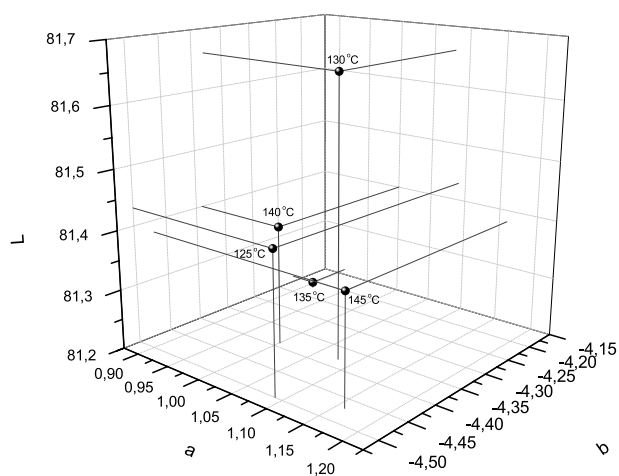
Otisak ŽUTE na ofsetnom papiru. Za razliku od otisaka cijana i magente, čije kretanje vrijednosti razlika u obojenju odgovara Gausovoj raspodjeli, kod otiska žute te vrijednosti daju krivulju nelinearnog oblika.

Osim toga, kod otiska žute karakteristično je i to da je s prvim, minimalnim povećanjem temperature ofsetnog cilindra ($\Delta T = 5\text{ °C}$) uslijedilo maksimalno povećanje razlike u obojenju ($\Delta E_{125\text{ °C} - 130\text{ °C}} = 0,3790$).

S povećanjem temperature za 10 °C nastupilo je, dakle, smanjenje razlike u obojenju, a s povećanjem temperature za 15 °C razlika u obojenju, u odnosu na prethodnu, je povećana. U prvom slučaju ($\Delta E_{125\text{ °C} - 135\text{ °C}}$) razlika je $0,2733$, a u drugom ($\Delta E_{125\text{ °C} - 140\text{ °C}}$) je $0,3120$.

Naposljetku, najmanja razlika u obojenju ($\Delta E_{125\text{ °C} - 145\text{ °C}} = 0,1524$) ostvarena je s najvećim povećanjem temperature ($\Delta T = 20\text{ °C}$).

U ovome se slučaju za tisak preporučuje temperatura ofsetnog cilindra od 130 °C .



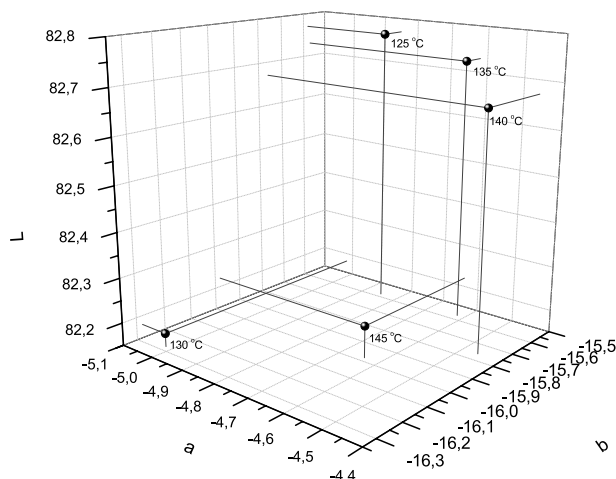
Slika 25 - Lab vrijednosti punog tona crne, otisnute na papiru Arcoprint

Otisak CRNE na ofsetnom papiru. Kao i u prethodnom slučaju ΔE se ne povećava linear-
no sa temperaturom.

Maksimalna razlika u obojenju (ΔE_{\max}) postignuta je na temperaturi od 135 °C i iznosi 0,3650, odnosno veća je za 0,2534 od minimalne. Uočljiva je razlika po kromatičnosti, ali je mnogo veća po svjetlini (otisak je tamniji).

Poslije prvog povećanja temperature ($\Delta T = 5$ °C), koje je rezultiralo razlikom u obojenju od 0,1862, te nakon drugog povećanja ($\Delta T = 10$ °C), koje je rezultiralo maksimalnom razlikom, sljedeća dva povećanja temperature donijela su smanjenje razlike u obojenju. Za tisak crne na ofsetnom papiru preporučuje se temperatura od 130 °C.

Utjecaj temperature na generiranje CMYK tonova na kalandriranom papiru prikazan je na slikama 26, 27, 28, 29.



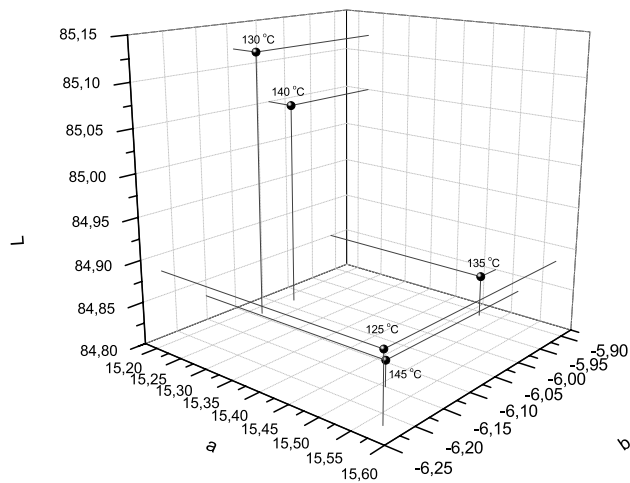
Slika 26 - Lab vrijednosti punog tona cijana, otisnutog na papiru Splendogel

Otisak CIJANA na kalandriranom papiru. Izračunavajući ΔE (udaljenost između točaka) prikazanih vrijednosti, pri čemu se vrijednosti uzrokovane najmanjom temperaturom uzimaju za standard, može se zaključiti da se ΔE ne povećava linearno sa povećanjem temperature.

Minimalno povećanje temperature ($\Delta T = 5 \text{ }^\circ\text{C}$) rezultiralo je maksimalnom razlikom u obojenju (ΔE_{max}) u iznosu od 0,5731, odnosno $\Delta E_{125 \text{ }^\circ\text{C} - 130 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,5731$. Karakteristična je promjena po kromatičnosti, ali je još veća po svjetlini.

Pri sljedećim promjenama temperature, razlika u obojenju je najprije smanjena na $\Delta E_{125 \text{ }^\circ\text{C} - 135 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,2331$, na temperaturi od 140 °C raste na 0,4260, a na 145 °C $\Delta E_{125 \text{ }^\circ\text{C} - 145 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,4974$ i na toj je temperaturi uočljiva velika promjena u svjetlini (otisak je tamniji).

Za tisak cijana u ovome se slučaju preporučuje temperatura od 135 °C.



Slika 27 - Lab vrijednosti punog tona magente, otisnute na papiru Splendogel

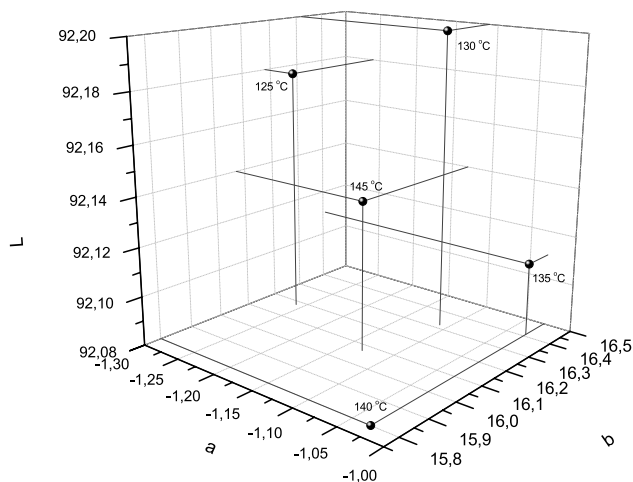
Otisak MAGENTE na kalandriranom papiru. Između svih procesnih boja otisnutih na Splendogel papiru magenta ima najmanja odstupanja uslijed promjene temperature.

Kod ovoga otiska, kao i kod otiska cijana, karakteristično je to da je najveća razlika u obojenju nastala pri prvoj promjeni temperature ($\Delta T_{125\text{ }^{\circ}\text{C}-130\text{ }^{\circ}\text{C}}$), odnosno $\Delta E = 0,2966$. Došlo je do značajnije promjene po svjetlini (otisak je postao svjetliji).

S porastom temperature do $135\text{ }^{\circ}\text{C}$, razlika u obojenju pada ($\Delta E_{125\text{ }^{\circ}\text{C}-135\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,2075$), a sljedećih $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ više povećalo je razliku u obojenju za $0,0769$ u odnosu na prethodnu te ona tada iznosi $0,2844$ ($\Delta E_{125\text{ }^{\circ}\text{C}-140\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,2844$). Pri maksimalnom povećanju temperature ($\Delta T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) dobivena je minimalna razlika u obojenju $\Delta E_{125\text{ }^{\circ}\text{C}-145\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,0664$.

Ovakve promjene vrijednosti razlika u obojenju, vidljivo je, ne karakterizira pravilnost u kretanju odnosno nelinearne su.

Za tisak magente u ovim uvjetima preporučuje se temperatura od $135\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Slika 28 - Lab vrijednosti punog tona žute, otisnute na papiru Splendogel

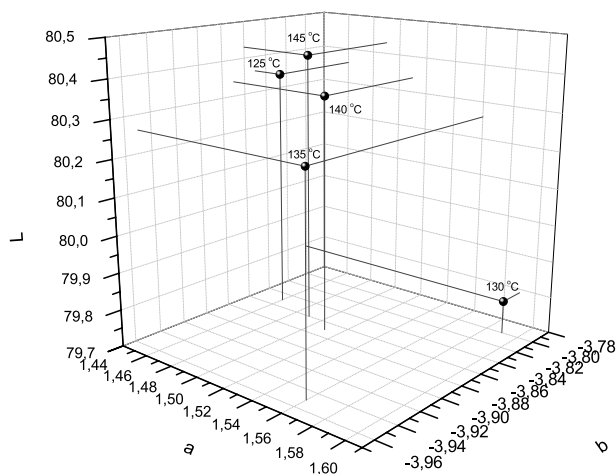
Otisak ŽUTE na kalandriranom papiru. Sa svakim povećanjem temperature ofsetnog cilindra dolazi do određene promjene razlika u obojenju. Prva promjena temperature ofsetnog cilindra, sa 125 °C na 130 °C, rezultirala je razlikom u obojenju (ΔE) čija je vrijednost 0,2027.

Dvije sljedeće promjene temperature, svaka u koraku od 5 °C u odnosu na prethodnu, donijele su dvije nove vrijednosti razlika u obojenju. Pri prvoj promjeni ($\Delta T_{125\text{ °C} - 135\text{ °C}}$) razlika u obojenju je nešto porasla ($\Delta E = 0,3170$), a pri drugoj promjeni ($\Delta T_{125\text{ °C} - 140\text{ °C}}$) nastupila je maksimalna razlika u obojenju ($\Delta E = 0,3455$).

Kad, međutim, temperatura ofsetnog cilindra poraste na 145 °C, razlika u obojenju značajnije opada ($\Delta E_{125\text{ °C} - 145\text{ °C}} = 0,1649$).

Ovakvo kretanje vrijednosti razlika u obojenju odgovara Gausovoj raspodjeli.

Za tisak žute preporučuje se, u ovim okolnostima, temperatura ofsetnog cilindra od 130 °C.



Slika 29 - Lab vrijednosti punog tona crne, otisnute na papiru Splendogel

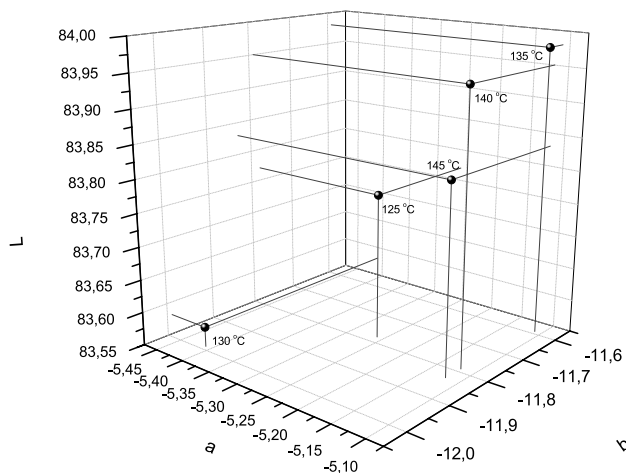
Otisak CRNE na kalandriranom papiru. Pri promjenama temperature ofsetnog cilindra nastupile su sljedeće razlike u obojenju: $\Delta E_{125\text{ }^{\circ}\text{C} - 130\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,4388$; $\Delta E_{125\text{ }^{\circ}\text{C} - 135\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,1696$; $\Delta E_{125\text{ }^{\circ}\text{C} - 140\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,0715$; $\Delta E_{125\text{ }^{\circ}\text{C} - 145\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,0639$.

Iz rezultata je uočljivo da vrijednost razlike u obojenju stalno pada, što odgovara linearnoj raspodjeli.

Maksimalna razlika u obojenju postignuta je, dakle, pri $\Delta T_{125\text{ }^{\circ}\text{C} - 130\text{ }^{\circ}\text{C}}$, a nju, u ovome slučaju, karakterizira velika promjena u svjetlini (otisak je postao dosta tamniji). Karakteristično je da je pri otisku na 140 °C, u jednome slučaju, i pri otisku na 145 °C, u drugome slučaju, dobivena gotovo zanemariva razlika u vrijednosti obojenja, svega 0,0076.

Za tisak crne u ovim okolnostima se preporučuje temperatura ofsetnog cilindra od 130 °C.

Utjecaj temperature na generiranje CMYK tonova na papiru za umjetnički tisak (Gloss) prikazan je na slikama 30, 31, 32, 33.



Slika 30 - Lab vrijednosti punog tona cijana, otisnutog na papiru Symbol

Otisak CIJANA na papiru za umjetnički tisak. Otiskivanjem cijana na ovoj vrsti papira, a povećavajući temperaturu ofsetnog cilindra u koraku od 5 °C (kao i kod drugih boja i papira), dobivene su minorne vrijednosti razlika u obojenju.

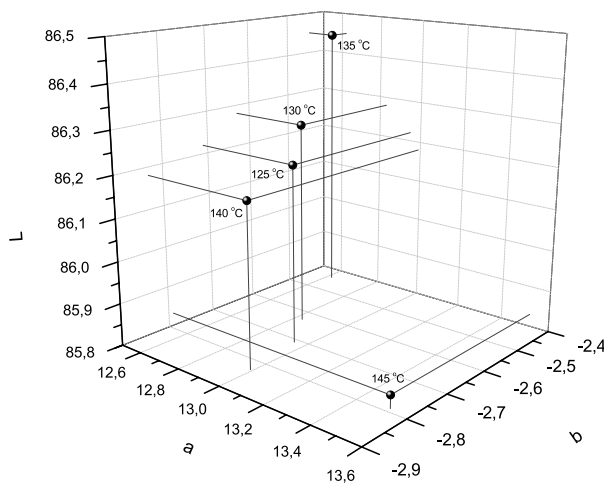
S povećanjem temperature ofsetnog cilindra za 5 °C došlo je do razlike u obojenju $\Delta E_{125^{\circ}\text{C}-130^{\circ}\text{C}} = 0,2263$.

Najveća razlika u obojenju nastala je s povećanjem temperature ofsetnog cilindra za 10 °C ($\Delta T_{125^{\circ}\text{C}-135^{\circ}\text{C}}$) i u tom slučaju je $\Delta E = 0,2294$. Uočava se podjednaka promjena i u svjetlini i u kromatičnosti.

Sljedeća razlika u obojenju dobivena je s povećanjem temperature na 140 °C ($\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$). U tim je uvjetima $\Delta E_{125^{\circ}\text{C}-140^{\circ}\text{C}} = 0,1899$, što je manje za 0,0395 u odnosu na maksimalnu razliku u obojenju. Posljednja promjena temperature ofsetnog cilindra, tj. njezino maksimalno povećanje ($\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$), rezultirala je minimalnom razlikom u obojenju $\Delta E_{125^{\circ}\text{C}-145^{\circ}\text{C}} = 0,1603$.

Takvo kretanje vrijednosti razlika u obojenju odgovara Gausovoj raspodjeli.

Za tisak cijana na ovome papiru preporučuje se temperatura od 135 °C.



Slika 31 - Lab vrijednosti punog tona magente, otisnute na papiru Symbol

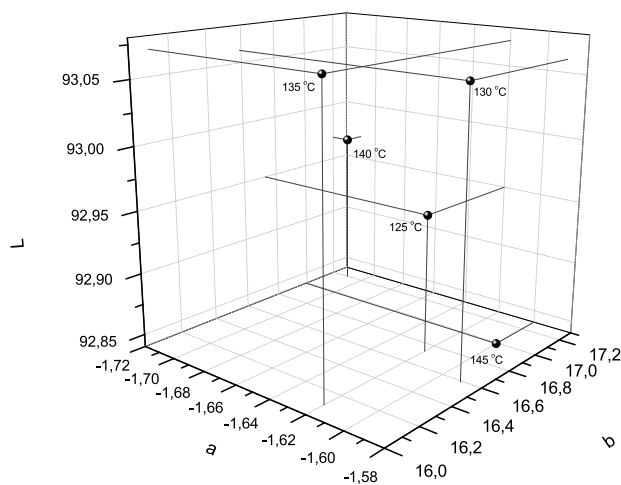
Otisak MAGENTE na papiru za umjetnički tisak. Specifičnost ovoga slučaja, u odnosu na prethodne, je u tome što je maksimalna razlika u obojenju dobivena nakon minimalne, a obje na višim temperaturama ofsetnog cilindra.

Maksimalna razlika u obojenju nastala je pri $\Delta T_{\max} = 20 \text{ °C}$ i iznosi $\Delta E_{125 \text{ °C} - 145 \text{ °C}} = 0,5102$, a minimalna je nastala pri $\Delta T = 15 \text{ °C}$ i iznosi $\Delta E_{125 \text{ °C} - 140 \text{ °C}} = 0,0920$.

Prva je promjena razlike u obojenju nastupila pri početnom povećanju temperature ofsetnog cilindra za 5 °C i tada je $\Delta E_{125 \text{ °C} - 130 \text{ °C}} = 0,1134$, a druga pri povećanju temperature cilindra za 10 °C , kad je $\Delta E_{125 \text{ °C} - 135 \text{ °C}} = 0,3464$.

Uspoređujući vrijednosti razlika u obojenju nastalih pri promjeni temperature, uočljivo je kako je razlika u obojenju, u odnosu na početnu, prvo rasla, onda se naglo smanjila, pa je maksimalno porasla, što odgovara nelinearnoj raspodjeli.

Za tisak magente na ovome papiru preporučuje se temperatura ofsetnog cilindra od 135 °C .



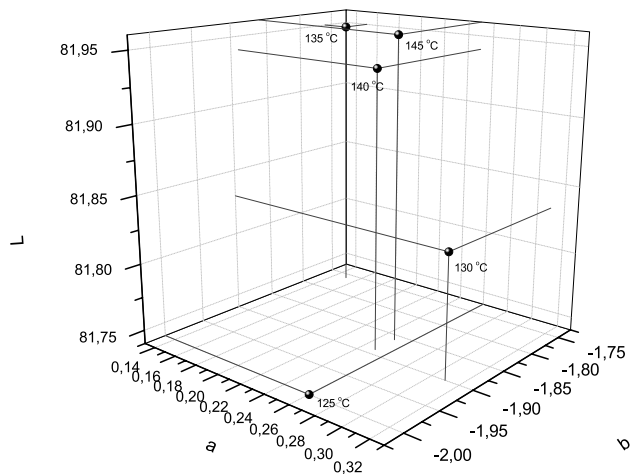
Slika 32 - Lab vrijednosti punog tona žute, otisnute na papiru Symbol

Otisak ŽUTE na papiru za umjetnički tisak. U prvom koraku, s povećanjem temperature ofsetnog cilindra za 5 °C, došlo je do razlike u obojenju $\Delta E_{125\text{ }^{\circ}\text{C}-130\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,1077$.

U drugom koraku, pri porastu temperature za 10 °C, došlo je do razlike u obojenju $\Delta E_{125\text{ }^{\circ}\text{C}-135\text{ }^{\circ}\text{C}} = 0,3722$. To je, ujedno, i maksimalna razlika u obojenju. Uočljiva je podjednaka promjena i u svjetlini i u kromatičnosti.

S daljnjim povećanjem temperature, razlika u obojenju pada. Pri $\Delta T_{125\text{ }^{\circ}\text{C}-140\text{ }^{\circ}\text{C}}$, razlika u obojenju je $\Delta E = 0,2774$, a kod maksimalne temperature ofsetnog cilindra (145 °C) vrijednost razlike u obojenju dodatno pada i iznosi 0,1672.

Kretanje vrijednosti razlika u obojenju, kao u ovom slučaju, odgovara Gausovoj raspodjeli. Pri tisku žute na ovom papiru, preporučuje se temperatura ofsetnog cilindra od 130 °C.



Slika 33 - Lab vrijednosti punog tona crne, otisnute na papiru Symbol

Otisak CRNE na papiru za umjetnički tisak. Kretanje vrijednosti razlika u obojenju kod crne odgovara nelinearnoj raspodjeli. Na temperaturi od 130 °C razlika u obojenju iznosi $\Delta E_{125\text{ °C} - 130\text{ °C}} = 0,1345$. U usporedbi s kasnije dobivenim rezultatima, ovo je minimalna razlika u obojenju.

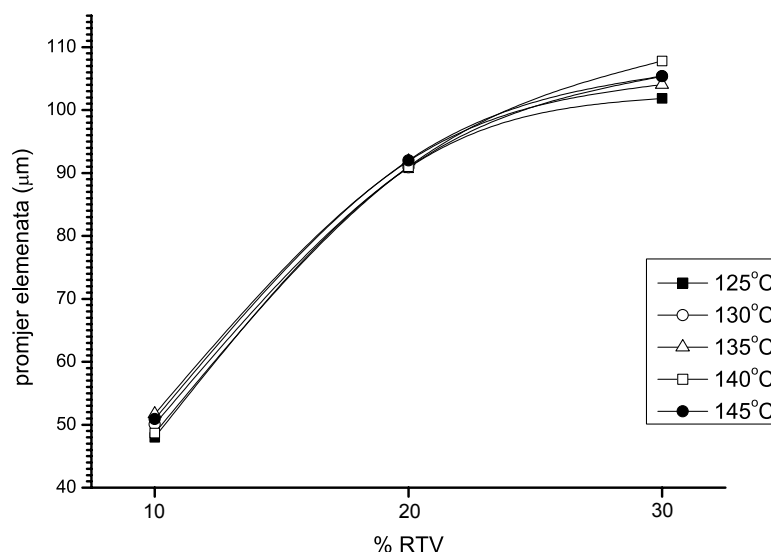
Maksimalna razlika u obojenju ($\Delta E_{125\text{ °C} - 135\text{ °C}} = 0,3069$) postignuta je pri povećanju temperature ofsetnog cilindra za 10 °C, dakle u drugom koraku.

S daljnjim povećanjem temperature razlika u obojenju pada na $\Delta E_{125\text{ °C} - 140\text{ °C}} = 0,1698$. Pri maksimalnom povećanju temperature ($\Delta T = 20\text{ °C}$) razlika u obojenju raste na 0,1976.

Za tisak crne na papiru za umjetnički tisak preporučuje se temperatura od 145 °C.

4.2. SLIKOVNA ANALIZA OTISKA

Za detaljniju analizu utjecaja temperature na transfer uzet je samo cijan otisak. Razlog tomu je taj što je cijan po udjelu u kolornom otisku dominantan. Na slikama 34, 35 i 36 prikazana je devijacija promjera otisnutih rasterskih elemenata u području od 10 posto, 20 posto i 30 posto. Dane vrijednosti predstavljaju srednju vrijednost koja je dobivena analizom oko dvjesto otisnutih elemenata.



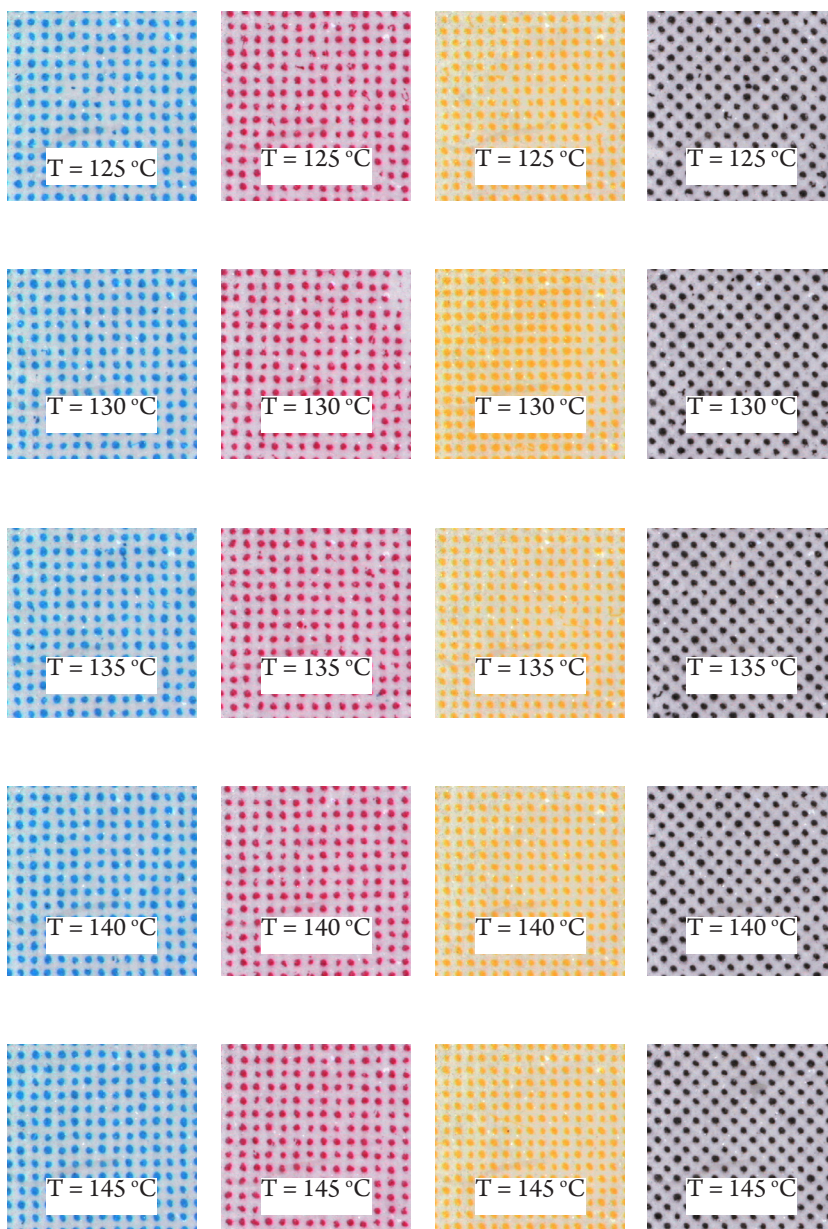
Slika 34 - Devijacija promjera otisnutih rasterskih elemenata u području od 10 posto, 20 posto i 30 posto za Arcoprint papir

Iz grafa je vidljivo da su rezultati za Arcoprint papir na području od 10 posto RTV-a prilično ujednačeni te nema velikih devijacija. Dobivaju se srednje vrijednosti promjera, redom: $d_{T=125^{\circ}\text{C}} = 48,01\ \mu\text{m}$; $d_{T=130^{\circ}\text{C}} = 50,05\ \mu\text{m}$; $d_{T=135^{\circ}\text{C}} = 51,69\ \mu\text{m}$; $d_{T=140^{\circ}\text{C}} = 48,68\ \mu\text{m}$; $d_{T=145^{\circ}\text{C}} = 50,92\ \mu\text{m}$. Konstantan rast temperature ne prati i rast promjera. Pri temperaturi od 135°C se dobiva promjer elemenata $d = 51,69\ \mu\text{m}$, što je najveći promjer rasterskih elemenata. Maksimalna devijacija iznosi $\Delta d = 3,68\ \mu\text{m}$.

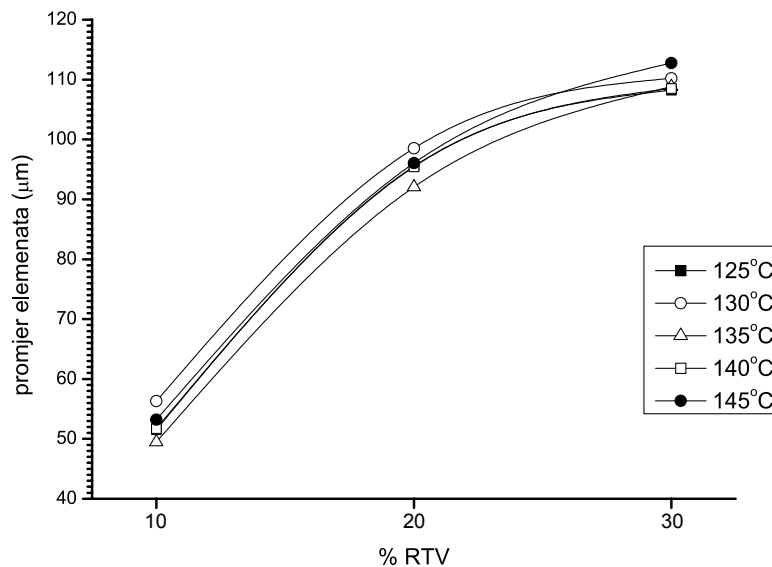
Područje od 20 posto RTV-a ima još ujednačenije rezultate promjera od prethodnog od 10 posto RTV-a. Te vrijednosti promjera idu redom: $d_{T=125^{\circ}\text{C}} = 90,82\ \mu\text{m}$; $d_{T=130^{\circ}\text{C}} = 90,93\ \mu\text{m}$; $d_{T=135^{\circ}\text{C}} = 91,89\ \mu\text{m}$; $d_{T=140^{\circ}\text{C}} = 91,95\ \mu\text{m}$; $d_{T=145^{\circ}\text{C}} = 92,02\ \mu\text{m}$. Iz rezultata je vidljiv linearan rast promjera rasterskih elemenata. Najveći promjer iznosi $d = 92,02\ \mu\text{m}$ te se dobiva na temperaturi od 145°C . Maksimalna devijacija iznosi $\Delta d = 1,2\ \mu\text{m}$.

Uočljivo je da su na 30 posto RTV-a dobivene najveće devijacije. Tako je dobivena devijacija u iznosu od $\Delta d = 5,93\ \mu\text{m}$ što je i najveća devijacija promjera. Vrijednosti promjera su: $d_{T=125^{\circ}\text{C}} = 101,88\ \mu\text{m}$; $d_{T=130^{\circ}\text{C}} = 105,37\ \mu\text{m}$; $d_{T=135^{\circ}\text{C}} = 104,07\ \mu\text{m}$; $d_{T=140^{\circ}\text{C}} = 107,81\ \mu\text{m}$; $d_{T=145^{\circ}\text{C}} = 105,41\ \mu\text{m}$. Pri temperaturi od 140°C se dobiva najveći promjer, $d = 107,81\ \mu\text{m}$.

Utjecaj temperature na formiranje rasterskih elemenata vizualno je prikazan na slici 35, pri-
tom su prikazane samo fotografije u području od 20 posto RTV -a.



Slika 35 - Fotografije CMYK rasterskih elemenata u području od 20 posto kod Arcoprint papira



Slika 36 - Devijacija promjera otisnutih rasterskih elemenata u području od 10 posto, 20 posto i 30 posto za Splendogel papir

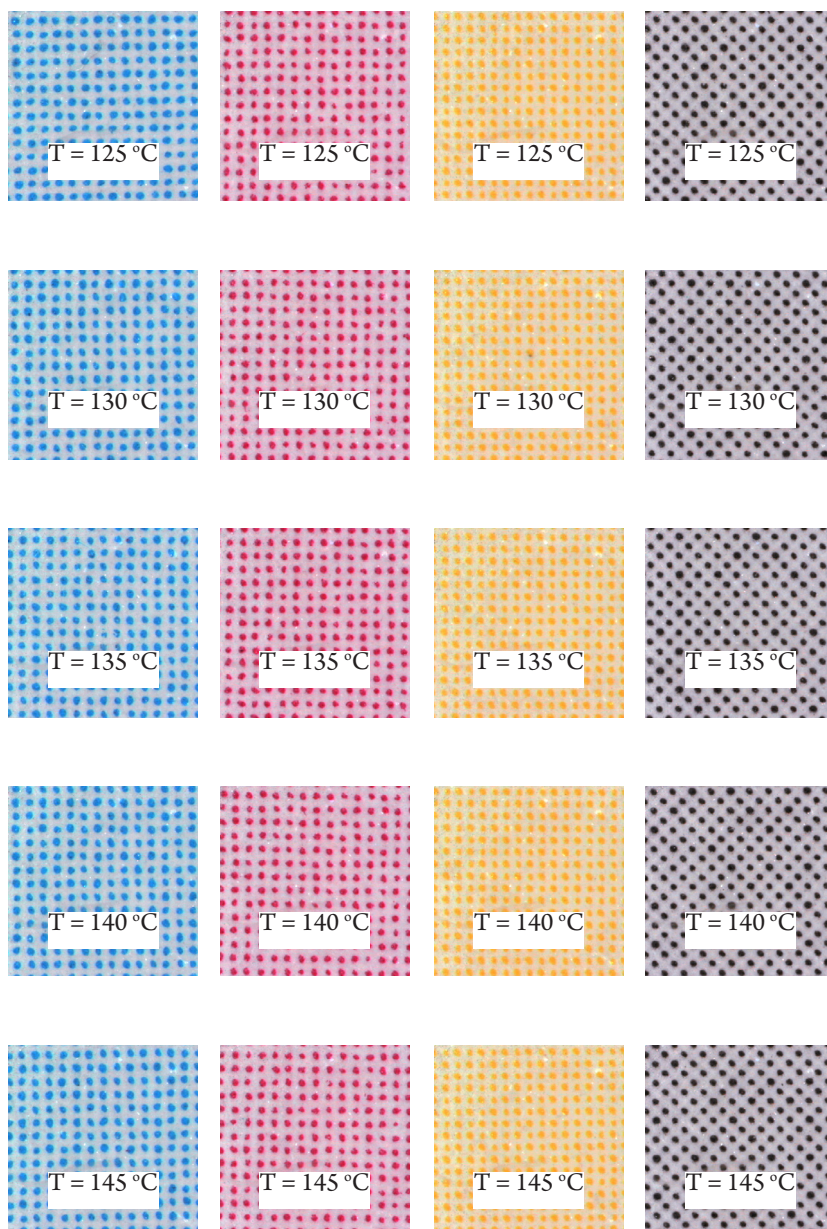
Iz predhodnog grafa se može zaključiti da porast temperature ne znači i pozitivan prirast RTV-a odnosno povećanje promjera rasterskog elementa. Splendogel papir karakterizira podjednaka devijacija promjera na svim mjerenim područjima RTV-a.

Najveća devijacija za sva tri mjerena područja RTV-a dobivena je na 10 posto RTV-a te iznosi $\Delta d = 6,81 \mu\text{m}$. Srednje vrijednosti promjera na 10 posto RTV-a su, redom: $d_{T=125^\circ\text{C}} = 51,56 \mu\text{m}$; $d_{T=130^\circ\text{C}} = 56,31 \mu\text{m}$; $d_{T=135^\circ\text{C}} = 49,5 \mu\text{m}$; $d_{T=140^\circ\text{C}} = 51,72 \mu\text{m}$; $d_{T=145^\circ\text{C}} = 53,22 \mu\text{m}$. Iz rezultata je vidljivo da je najveći promjer dobiven na temperaturi od 130°C te iznosi $56,31 \mu\text{m}$.

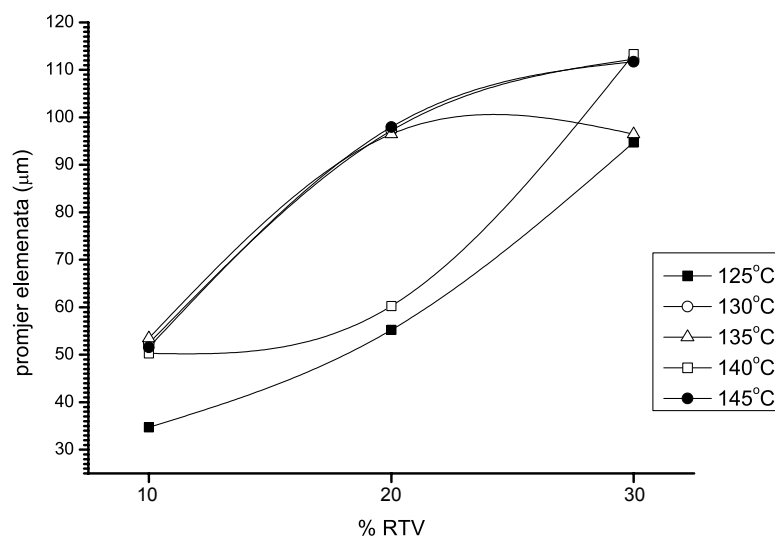
Područje od 20 posto RTV-a karakterizira najveća ujednačenost vrijednosti promjera. Dobivene vrijednosti promjera su: $d_{T=125^\circ\text{C}} = 95,52 \mu\text{m}$; $d_{T=130^\circ\text{C}} = 96,5 \mu\text{m}$; $d_{T=135^\circ\text{C}} = 92,07 \mu\text{m}$; $d_{T=140^\circ\text{C}} = 95,44 \mu\text{m}$; $d_{T=145^\circ\text{C}} = 96,05 \mu\text{m}$. Najveći promjer je dobiven na temperaturi od 130°C , iznosi $d = 96,5 \mu\text{m}$. Maksimalna devijacija iznosi $\Delta d = 4,43 \mu\text{m}$, no ova devijacija je ujedno i najmanja u usporedbi sa onima iz drugih područja.

Gotovo jednake vrijednosti promjera za temperature od 125°C , 135°C i 140°C su dobivene na području od 30 posto RTV-a te iznose redom $108,23 \mu\text{m}$, $108,81 \mu\text{m}$ i $108,52 \mu\text{m}$. Pri temperaturi od 145°C se dobiva najveći promjer koji iznosi $d = 112,76 \mu\text{m}$. Maksimalna devijacija iznosi $\Delta d = 4,53 \mu\text{m}$.

Utjecaj temperature na formiranje rasterskih elemenata vizualno je prikazan na slici 37, pri-
tom su prikazane samo fotografije u području od 20 posto RTV -a.



Slika 37 - Fotografije CMYK rasterskih elemenata u području od 20 posto kod Splendogel papira



Slika 38 - Devijacija promjera otisnutih rasterskih elemenata u području od 10 posto, 20 posto i 30 posto za Symbol papir

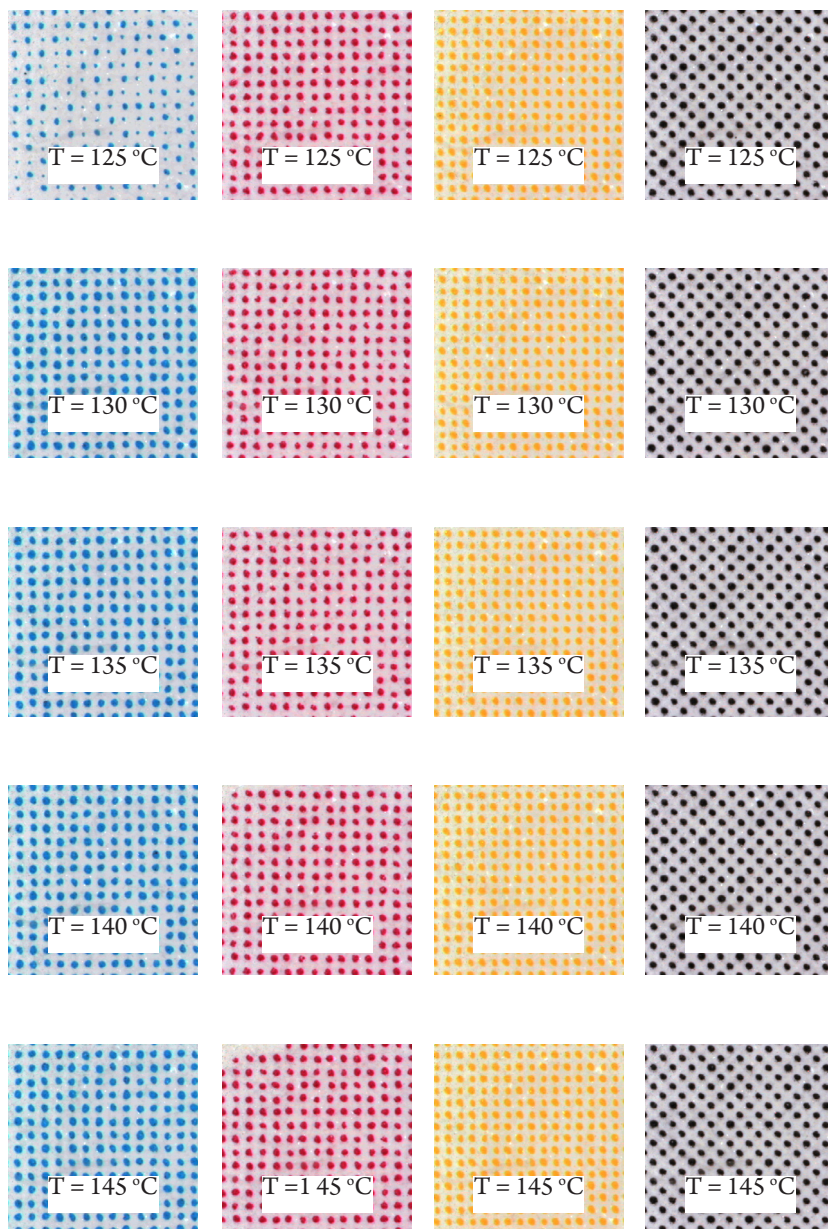
Kod Symbol papira je specifično to da su dobivene velike devijacije promjera na sva tri područja RTV-a, pogotovo ako se usporede sa druga dva papira.

Na temperaturama od 130 °C, 135 °C, 140 °C, 145 °C dobivene su dosta ujednačene vrijednosti promjera, dok promjer dobiven na 125 °C značajno odstupa. Srednje vrijednosti promjera na području od 10 posto RTV-a su redom: $d_{T=125\text{ °C}} = 34,73\ \mu\text{m}$; $d_{T=130\text{ °C}} = 52,42\ \mu\text{m}$; $d_{T=135\text{ °C}} = 52,5\ \mu\text{m}$; $d_{T=140\text{ °C}} = 50,29\ \mu\text{m}$; $d_{T=145\text{ °C}} = 51,58\ \mu\text{m}$. Temperaturom od 135 °C je dobiven promjer elemenata $d = 52,5\ \mu\text{m}$, što je najveći promjer rasterskih elemenata u ovom području. Maksimalna devijacija u ovom području iznosi $\Delta d = 17,77\ \mu\text{m}$.

Vrijednosti promjera kod području od 20 posto RTV-a su: $d_{T=125\text{ °C}} = 55,25\ \mu\text{m}$; $d_{T=130\text{ °C}} = 97,23\ \mu\text{m}$; $d_{T=135\text{ °C}} = 96,49\ \mu\text{m}$; $d_{T=140\text{ °C}} = 60,25\ \mu\text{m}$; $d_{T=145\text{ °C}} = 97,96\ \mu\text{m}$. Iz grafa je vidljivo da je na temperaturama od 130 °C, 135 °C te 145 °C ostvaren puno veći rast rasterskog elementa nego na ostale dvije temperature. Kod temperature od 145 °C se dobiva najveći promjer, koji iznosi $d = 97,66\ \mu\text{m}$. U ovom području je dobivena maksimalna devijacija $\Delta d = 42,71\ \mu\text{m}$ što je najveća dobivena devijacija ne samo za Symbol papir već za sva tri papira.

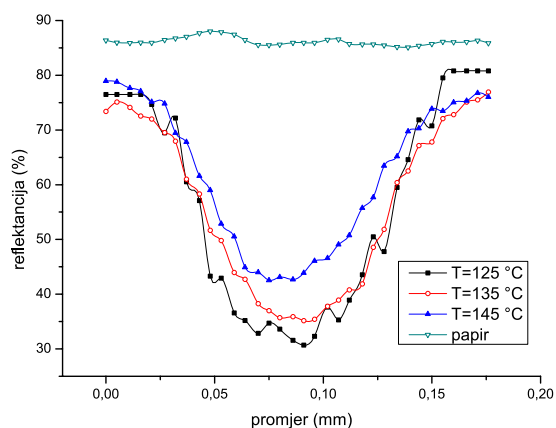
Značajno je spomenuti da su kod 30 posto RTV-a, vrijednosti promjera na 125 °C i 135 °C približno jednake, tj. nije došlo do značajnijih pomaka u rastu ili padu promjera, i iznose $d_{T=125\text{ °C}} = 94,73\ \mu\text{m}$, $d_{T=135\text{ °C}} = 96,49\ \mu\text{m}$, dok su isto tako na preostalim temperaturama vrijednosti veoma izjednačene i iznose $d_{T=130\text{ °C}} = 112,25\ \mu\text{m}$, $d_{T=140\text{ °C}} = 113,31\ \mu\text{m}$, $d_{T=145\text{ °C}} = 111,72\ \mu\text{m}$. Pri temperature od 140 °C se dobiva najveći promjer, koji iznosi $d = 113,31\ \mu\text{m}$. Razlika između najmanjeg i najvećeg promjera iznosi $18,58\ \mu\text{m}$, tj. maksimalna devijacija je $\Delta d = 18,58\ \mu\text{m}$.

Utjecaj temperature na formiranje rasterskih elemenata vizualno je prikazan na slici 39, pritom su prikazane samo fotografije u području od 20 posto RTV -a.

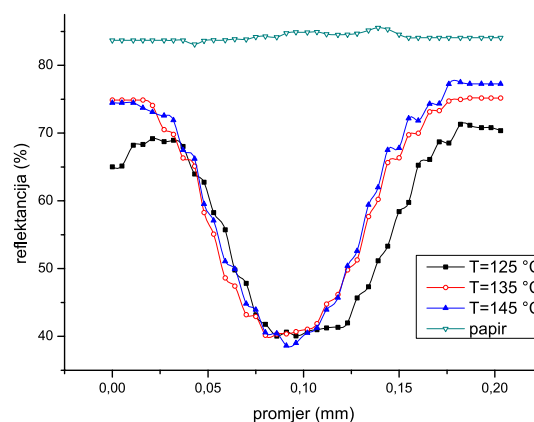


Slika 39 - Fotografije CMYK rasterskih elemenata u području od 20 posto kod Symbol papira

Detaljna analiza jednog cijan elementa prikazana je na slikama 40, 41, 42. Pritom je analiziran samo jedan element iz područja 20 % RTV-a pri temperaturama od 125 °C, 135 °C i 145 °C.



Slika 40 - Promjer i reflektancija cijan rasterskog elementa otisnutog na Arcoprint papiru s 3 različite temperature ofsetne gume



Slika 41 - Promjer i reflektancija cijan rasterskog elementa otisnutog na Splendogel papiru s 3 različite temperature ofsetne gume

Analizom dobivenog elementa na Arcoprint papiru na temperaturi od 125 °C vidljivo je da je nepravilno reproduciran i ima pet vrhova, te se na toj temperaturi dobiva i rasterski element s najvećim promjerom $d = 0,091$ mm, ali i s najvećom gustoćom zacrnjenja, tj. najmanjom reflektancijom.

Cijan rasterski element na temperaturi od 135 °C karakterizira mnogo veća pravilnost od prethodnoga, ima samo jedan vrh, a promjer mu je skoro isti kao kod prethodne temperature i iznosi 0,097 mm, gustoća zacrnjenja mu je manja nego kod rasterskog elementa otisnutog na temperaturi od 125 °C.

Temperaturom od 145 °C se dobiva element najpravilnijeg oblika, najmanjeg promjera, ali i najmanje gustoće zacrnjenja. Promjer rasterskog elementa kod temperature 145 °C iznosi 0,075 mm.

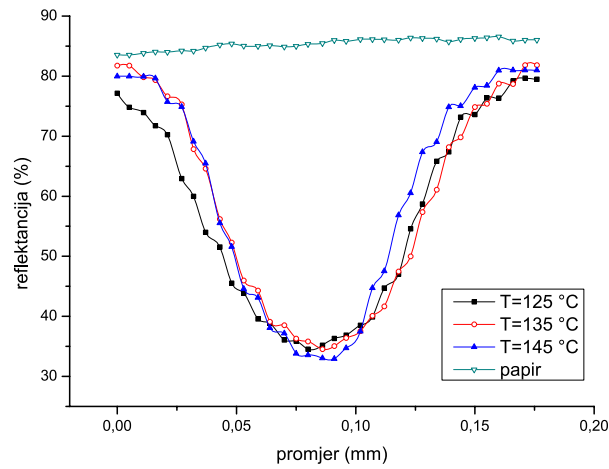
Minimalne reflektancije rasterskih elemenata iznose redom $R_{T=125\text{ °C}} = 32$ posto, $R_{T=135\text{ °C}} = 38$ posto, $R_{T=145\text{ °C}} = 43,971$ posto.

Varijacije promjera i reflektancije su manje uočljive kod Splendogel papira.

Rasterski element sa najvećim promjerom (0,097 mm) i najvećom reflektancijom ($R_{T=125\text{ °C}} = 47,833$ posto) dobiven je na temperaturi od 125 °C.

Na 135 °C je dobiven je dosta pravilan rasterski element, ima samo jedan vrh, a promjer mu je manji nego kod prethodne temperature. Na ovoj temperaturi je postignuta najveća gustoća zacrnjenja. Promjer rasterskog elementa kod temperature od 135 °C iznosi 0,086 mm.

Najvišom temperaturom, od 145 °C, se dobiva nepravilan element s dva vrha. Zanimljivo je da je promjer rasterskog elementa kod temperature 145 °C iznosi 0,086 mm, što znači da promjenom temperature nije došlo ni do kakve promjene promjera, tj. on je jednak prethodnom promjeru kod rasterskog elementa napravljenog na temperaturi od 135 °C. Minimalne reflektancije iznose redom $R_{T=125\text{ °C}} = 47,833$ posto, $R_{T=135\text{ °C}} = 40,329$ posto, $R_{T=145\text{ °C}} = 40,582$ posto.



Slika 42 - Promjer i reflektancija cijan rasterskog elementa otisnutog na Symbol papiru s 3 različite temperature ofsetne gume

Prvom temperaturom, od 125 °C, dobiven je pravilno reproduciran rasterski element sa samo jednim vrhom. Na toj istoj temperaturi promjer iznosi 0,096 mm.

Nešto manjeg promjera (0,086 mm), ali skoro jednake reflektancije je rasterski element dobiven na 135 °C.

Najkvalitetniji element pravilnog oblika, s najmanjim promjerom te najvećom gustoćom zacrnjenja je dobiven na 145 °C. Promjer rasterskog elementa kod temperature 145 °C iznosi 0,081 mm. Najmanje vrijednosti reflektancije na kod ovih elemenata iznose redom $R_{T=125\text{ °C}} = 34,534$ posto, $R_{T=135\text{ °C}} = 34,523$ posto, $R_{T=145\text{ °C}} = 33,02$ posto.

5. ZAKLJUČAK

Kod Arcoprint papira je karakteristično to da se za sve četiri boje preporučuje jednaka temperatura, a to je 130 °C. Kod cijana, magente i crne, krivulje dobivene iz rezultata razlika obojenja imaju oblik Gausove krivulje, jedino žuta ima nelinearan oblik. Kod Arcoprint papira najveća razlika obojenja iznosi $\Delta E = 0,6769$ (cijan).

Splendogel papir nema karakterističnih stvari, za cijan i magentu se preporučuju jednake temperature, 135 °C, a temperatura za žutu i crnu iznosi 130 °C. Kod Splendogel papira najveća razlika obojenja iznosi $\Delta E = 0,5731$ (cijan).

Kod papira Symbol, za cijan i magentu se preporučuje temperatura ofsetnog cilindra od 135 °C, za žutu 130 °C, a za crnu 145 °C. Krivulja dobivena iz rezultata razlika obojenja kod cijana i žute ima oblik Gausove krivulje. Najveća razlika obojenja iznosi $\Delta E = 0,5102$.

Najveća devijacija promjera za mjerene raster tonske vrijednosti kod Arcoprint papira iznosi $\Delta d = 5,93 \mu\text{m}$. Kod Splendogel papira, najveća devijacija promjera za mjerene raster tonske vrijednosti je nešto veća i iznosi $\Delta d = 6,81 \mu\text{m}$. Mnogo veća devijacija promjera za mjerene raster tonske vrijednosti od onih kod Arcoprint i Splendogel dobiva se kod Symbol papira i iznosi $\Delta d = 42,71 \mu\text{m}$.

Za Arcoprint papir je vidljivo da s rastom temperature značajno pada gustoća zacrnljenja, tj. raste reflektancija, a kod promjera elemenata nema neke pravilnosti. Na temperaturi od 135 °C dobiva se najveći promjer, a kod 145 °C najmanji promjer.

Splendogel papir ne pokazuje značajnije promjene reflektancije variranjem temperature. Na temperaturi od 145 °C dobiva se nešto malo manja reflektancija u odnosu na preostale temperature. Na temperaturi od 125 °C dobiva se najveći promjer rasterskog elementa. Specifično je i to da s povišenjem temperature sa 135 °C na 145 °C ne dolazi ni do rasta ni do pada promjera, tj. on ostaje isti.

Na Symbol papiru se dobiva točka najprihvatljivijeg oblika, razlike u reflektanciji papira su vrlo male. Temperatura od 125 °C pokazuje nešto veći promjer u usporedbi s ostalim temperaturama.

6. LITERATURA

1. Majnarić I.; *Studija indirektne elektrofotografije*, Doktorska disertacija, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2007.
2. Kipphan H.; *Handbook of Print Media*, Springer, Berlin, 2001.
3. Johnson H.; *Mastering Digital Printing Second_Edition*, Thomson Course Technology, 2005.
4. Kuehni Rolf G.; *Color Space and Its Divisions*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2003.
5. <http://en.wikipedia.org/topic/xerography>, 9.7.2009.
6. <http://www.answers.com/topic/xerography>, 9.7.2009.
7. [http://www.xrite.com/documents/manuals/en/DTP41-500_AutoScan_Spectrophotometer Manual_en.pdf](http://www.xrite.com/documents/manuals/en/DTP41-500_AutoScan_Spectrophotometer_Manual_en.pdf), 15.9.2009.

7. PRILOG

Colour	L	a	b	dE ₀₀
Trl 1	83,92	-4,15	-15,17	0,0000
Std 1	83,92	-4,15	-15,17	
Trl 2	83,92	-4,15	-15,17	0,2874
Std 2	83,92	-4,32	-14,82	
Trl 3	83,92	-4,15	-15,17	0,6410
Std 3	83,26	-4,6	-15,4	
Trl 4	83,92	-4,15	-15,17	0,6769
Std 4	83,31	-4,68	-15,32	
Trl 5	83,92	-4,15	-15,17	0,5006
Std 5	83,24	-4,35	-15,3	

Prilog 1 - Lab vrijednosti punog tona cijana, otisnutog na papiru Arcoprint

Colour	L	a	b	dE ₀₀
Trl 1	85,53	13,88	-6,69	0,0000
Std 1	85,53	13,88	-6,69	
Trl 2	85,53	13,88	-6,69	0,2260
Std 2	85,72	13,64	-6,56	
Trl 3	85,53	13,88	-6,69	0,3215
Std 3	85,42	13,73	-6,23	
Trl 4	85,53	13,88	-6,69	0,4711
Std 4	85,79	13,3	-6,54	
Trl 5	85,53	13,88	-6,69	0,2329
Std 5	85,5	13,68	-6,39	

Prilog 2 - Lab vrijednosti punog tona magente, otisnute na papiru Arcoprint

Colour	L	a	b	dE ₀₀
Trl 1	92,29	-1,62	13,68	0,0000
Std 1	92,29	-1,62	13,68	
Trl 2	92,29	-1,62	13,68	0,3790
Std 2	92,36	-1,49	13,11	
Trl 3	92,29	-1,62	13,68	0,2733
Std 3	92,18	-1,48	13,33	
Trl 4	92,29	-1,62	13,68	0,3120
Std 4	92,22	-1,44	13,3	
Trl 5	92,29	-1,62	13,68	0,1524
Std 5	92,2	-1,52	13,77	

Prilog 3 - Lab vrijednosti punog tona žute, otisnute na papiru Arcoprint

Colour	L	a	b	dE ₀₀
Trl 1	81,43	1,09	-4,5	0,0000
Std 1	81,43	1,09	-4,5	
Trl 2	81,43	1,09	-4,5	0,1862
Std 2	81,66	1,08	-4,38	
Trl 3	81,43	1,09	-4,5	0,3650
Std 3	81,21	0,91	-4,22	
Trl 4	81,43	1,09	-4,5	0,1524
Std 4	81,4	1	-4,39	
Trl 5	81,43	1,09	-4,5	0,1116
Std 5	81,38	1,16	-4,47	

Prilog 4 - Lab vrijednosti punog tona crne, otisnute na papiru Arcoprint

Colour	L	a	b	dE ₀₀
Trl 1	82,77	-4,85	-15,58	0,0000
Std 1	82,77	-4,85	-15,58	
Trl 2	82,77	-4,85	-15,58	0,5731
Std 2	82,18	-5,02	-16,28	
Trl 3	82,77	-4,85	-15,58	0,2331
Std 3	82,73	-4,62	-15,57	
Trl 4	82,77	-4,85	-15,58	0,4260
Std 4	82,67	-4,46	-15,76	
Trl 5	82,77	-4,85	-15,58	0,4974
Std 5	82,22	-4,64	-15,98	

Prilog 5 - Lab vrijednosti punog tona cijana, otisnutog na papiru Splendogel

Colour	L	a	b	dE ₀₀
Trl 1	84,88	15,57	-6,22	0,0000
Std 1	84,88	15,57	-6,22	
Trl 2	84,88	15,57	-6,22	0,2966
Std 2	85,12	15,22	-6,09	
Trl 3	84,88	15,57	-6,22	0,2075
Std 3	84,85	15,47	-5,91	
Trl 4	84,88	15,57	-6,22	0,2844
Std 4	85,05	15,22	-6,03	
Trl 5	84,88	15,57	-6,22	0,0664
Std 5	84,83	15,51	-6,15	

Prilog 6 - Lab vrijednosti punog tona magente, otisnute na papiru Splendogel

Colour	L	a	b	dE ₀₀
Trl 1	92,18	-1,26	16,18	0,0000
Std 1	92,18	-1,26	16,18	
Trl 2	92,18	-1,26	16,18	0,2027
Std 2	92,2	-1,11	16,32	
Trl 3	92,18	-1,26	16,18	0,3170
Std 3	92,11	-1,03	16,41	
Trl 4	92,18	-1,26	16,18	0,3455
Std 4	92,08	-1,03	15,8	
Trl 5	92,18	-1,26	16,18	0,1649
Std 5	92,14	-1,13	16,07	

Prilog 7 - Lab vrijednosti punog tona žute, otisnute na papiru Splendogel

Colour	L	a	b	dE ₀₀
Trl 1	80,36	1,46	-3,85	0,0000
Std 1	80,36	1,46	-3,85	
Trl 2	80,36	1,46	-3,85	0,4388
Std 2	79,79	1,59	-3,8	
Trl 3	80,36	1,46	-3,85	0,1696
Std 3	80,26	1,56	-3,95	
Trl 4	80,36	1,46	-3,85	0,0715
Std 4	80,34	1,51	-3,87	
Trl 5	80,36	1,46	-3,85	0,0639
Std 5	80,43	1,49	-3,86	

Prilog 8 - Lab vrijednosti punog tona crne, otisnute na papiru Splendogel

Colour	L	a	b	dE ₀₀
Trl 1	83,77	-5,26	-11,78	0,0000
Std 1	83,77	-5,26	-11,78	
Trl 2	83,77	-5,26	-11,78	0,2263
Std 2	83,58	-5,41	-11,99	
Trl 3	83,77	-5,26	-11,78	0,2294
Std 3	83,98	-5,11	-11,59	
Trl 4	83,77	-5,26	-11,78	0,1899
Std 4	83,95	-5,12	-11,79	
Trl 5	83,77	-5,26	-11,78	0,1603
Std 5	83,83	-5,12	-11,83	

Prilog 9 - Lab vrijednosti punog tona cijana, otisnutog na papiru Symbol

Colour	L	a	b	dE ₀₀
Trl 1	86,22	12,95	-2,71	0,0000
Std 1	86,22	12,95	-2,71	
Trl 2	86,22	12,95	-2,71	0,1134
Std 2	86,28	12,83	-2,63	
Trl 3	86,22	12,95	-2,71	0,3464
Std 3	86,45	12,62	-2,44	
Trl 4	86,22	12,95	-2,71	0,0920
Std 4	86,18	12,99	-2,83	
Trl 5	86,22	12,95	-2,71	0,5102
Std 5	85,83	13,52	-2,79	

Prilog 10 - Lab vrijednosti punog tona magente, otisnute na papiru Symbol

Colour	L	a	b	dE ₀₀
Trl 1	92,95	-1,62	16,73	0,0000
Std 1	92,95	-1,62	16,73	
Trl 2	92,95	-1,62	16,73	0,1077
Std 2	93,06	-1,59	16,59	
Trl 3	92,95	-1,62	16,73	0,3722
Std 3	93,07	-1,62	16,1	
Trl 4	92,95	-1,62	16,73	0,2774
Std 4	92,97	-1,71	17,2	
Trl 5	92,95	-1,62	16,73	0,1672
Std 5	92,84	-1,6	16,99	

Prilog 11 - Lab vrijednosti punog tona žute, otisnute na papiru Symbol

Colour	L	a	b	dE ₀₀
Trl 1	81,74	0,26	-2	0,0000
Std 1	81,74	0,26	-2	
Trl 2	81,74	0,26	-2	0,1345
Std 2	81,83	0,31	-1,9	
Trl 3	81,74	0,26	-2	0,3069
Std 3	81,95	0,15	-1,76	
Trl 4	81,74	0,26	-2	0,1698
Std 4	81,94	0,25	-1,89	
Trl 5	81,74	0,26	-2	0,1976
Std 5	81,96	0,25	-1,86	

Prilog 12 - Lab vrijednosti punog tona crne, otisnute na papiru Symbol

ARCOPRINT			
cyan			
	125 C	135 C	145 C
X mm	Reflectance %	Reflectance %	Reflectance %
0	76	73	78,934
0,005	75	75	78,787
0,011	69	74	77,647
0,016	72	73	77,071
0,021	61	72	75,147
0,027	57	70	74,804
0,032	43	68	69,436
0,037	43	61	67,806
0,043	37	58	61,593
0,048	35	52	58,983
0,053	33	50	52,855
0,059	35	44	50,527
0,064	34	43	44,914
0,07	32	38	43,971
0,075	31	37	42,512
0,08	32	36	43,113
0,086	38	36	42,659
0,091	35	35	43,873
0,096	39	35	46,066
0,102	44	38	46,593
0,107	50	39	49,081
0,112	48	41	50,748
0,118	60	42	55,748
0,123	65	49	57,696
0,128	72	52	63,468
0,134	71	60	65,172
0,139	80	63	69,743
0,144	81	67	70,294
0,15	81	68	73,873
0,155	81	72	73,468
0,16	81	73	75,037
0,166	81	75	75,306
0,171	81	76	76,74
0,176	81	77	76,005

Prilog 13 - Promjer i reflektancija cijan rasterskog elementa otisnutog na Arcoprint papiru sa 3 različite temperature ofsetne gume

SPLENDOGEL			
cyan			
	125 C	135 C	145 C
X mm	Reflectance %	Reflectance %	Reflectance %
0	65,026	74,877	74,472
0,005	65,129	74,08	73,738
0,011	68,204	70,5	73,093
0,016	68,318	69,817	72,587
0,021	69,195	66,325	71,891
0,027	68,751	65,123	67,489
0,032	68,947	58,28	66,199
0,037	68,039	55,092	59,532
0,043	63,963	48,627	57,078
0,048	62,755	47,413	51,069
0,053	58,266	43,201	49,968
0,059	55,748	42,922	44,832
0,064	49,794	40,164	43,947
0,07	47,833	40,329	40,582
0,075	43,168	40,38	40,417
0,08	41,775	40,696	38,621
0,086	40,052	41,037	39,001
0,091	40,619	41,885	40,519
0,096	40,083	44,756	41,24
0,102	40,712	46,186	43,947
0,107	41,001	49,804	45,693
0,112	41,249	51,284	50,386
0,118	41,331	57,672	52,6
0,123	42,002	60,215	59,418
0,128	45,686	65,655	61,973
0,134	47,337	66,363	67,502
0,139	51,166	69,753	67,805
0,144	53,323	69,981	72,157
0,15	58,421	73,131	71,841
0,155	59,763	73,308	74,32
0,16	65,253	74,738	74,358
0,166	66,12	74,953	77,242
0,171	68,71	75,18	77,495
0,176	68,535	75,18	77,255
0,182	71,311	75,18	77,255
0,187	71,166	75,18	77,255
0,193	70,815	75,18	77,255
0,198	70,805	75,18	77,255
0,203	70,351	75,18	77,255

Prilog 14 - Promjer i reflektancija cijan rasterskog elementa otisnutog na Splendogel papiru s 3 različite temperature ofsetne gume

SYMBOL			
cyan			
	125 C	135 C	145 C
X mm	Reflectance %	Reflectance %	Reflectance %
0	77,16	81,731	79,973
0,005	74,807	79,797	79,932
0,011	73,928	79,324	79,621
0,016	71,729	76,633	75,727
0,021	70,232	75,267	74,875
0,027	62,923	67,83	69,128
0,032	59,976	64,598	65,45
0,037	53,999	56,173	55,538
0,043	51,539	52,292	51,589
0,048	45,526	45,977	44,584
0,053	43,874	44,273	43,11
0,059	39,572	39,094	38,066
0,064	38,847	38,499	37,16
0,07	36,067	36,281	33,793
0,075	35,876	35,794	33,563
0,08	34,534	34,523	33,022
0,086	35,175	35,037	32,928
0,091	36,304	36,403	34,699
0,096	36,863	37,525	37,471
0,102	38,526	40,095	44,719
0,107	39,917	41,663	47,532
0,112	44,718	47,465	56,836
0,118	47,035	49,993	60,541
0,123	54,569	57,336	67,356
0,128	58,717	61,082	69,047
0,134	65,823	68,168	74,834
0,139	67,392	69,817	75,024
0,144	73,155	74,848	78,107
0,15	73,595	75,402	78,418
0,155	76,376	78,742	80,947
0,16	76,352	78,688	80,974
0,166	79,192	81,826	80,974
0,171	79,679	81,826	80,974
0,176	79,477	81,826	80,974

Prilog 15 - Promjer i reflektancija cijan rasterskog elementa otisnutog na Symbol papiru s 3 različite temperature ofsetne gume

Popis korištenih slika i tablica	
Slika 1 - Pločica s natpisom "10.-22.-38 ASTORIA"	4
Slika 2 - Prvi fotokopirni uređaj	4
Slika 3 - Osnovni princip elektrofotografije	5
Slika 4 - Princip pozitivskog nabijanja	6
Slika 5 - Princip negativskog nabijanja	7
Slika 6 - Princip kombiniranog nabijanja	8
Slika 7 - Pozitivski fotoreceptor	9
Slika 8 - Negativski fotoreceptor	9
Slika 9 - Jedno od konstrukcijskih rješenja laserskih glava baziranih na ROS tehnologiji	10
Slika 10 - Princip rada razvijaaćih jedinica na bazi jednokomponentnog tonera	11
Slika 11 - Princip rada elektrofotografije s tekućim tonerima	13
Slika 12 - BID	14
Slika 13 - Konstrukcija uređaja za direktno prenošenje tonera na papir	16
Slika 14 - Presjek gume i njezin sastav	17
Slika 15 - Beskonačni remen	18
Slika 16 - Prikaz najčešćeg načina fuziranja, fuziranja valjcima	19
Slika 17 - Princip čišćenja magnetskom četkom	20
Slika 18 - Jedinica za čišćenje tekućeg ElectroInka, jedan od najčešćih načina skidanja viška tonera s fotoreceptora	20
Slika 19 - 3D shema HP Indigo TurboStreama	22
Slika 20 - X-rite Swatch Book	24
Tablica 3 - Karakteristike Personal IAS uređaja	25
Slika 21 - Personal IAS	25
Tablica 4 - Karakteristike papira korištenih u eksperimentu	26
Slika 22 - Lab vrijednosti punog tona cijana, otisnutog na papiru Arcoprint	27
Slika 23 - Lab vrijednosti punog tona magente, otisnute na papiru Arcoprint	28
Slika 24 - Lab vrijednosti punog tona žute, otisnute na papiru Arcoprint	29
Slika 25 - Lab vrijednosti punog tona crne, otisnute na papiru Arcoprint	30
Slika 26 - Lab vrijednosti punog tona cijana, otisnutog na papiru Splendogel	31
Slika 27 - Lab vrijednosti punog tona magente, otisnute na papiru Splendogel	32
Slika 28 - Lab vrijednosti punog tona žute, otisnute na papiru Splendogel	33
Slika 29 - Lab vrijednosti punog tona crne, otisnute na papiru Splendogel	34
Slika 30 - Lab vrijednosti punog tona cijana, otisnutog na papiru Symbol	35
Slika 31 - Lab vrijednosti punog tona magente, otisnute na papiru Symbol	36
Slika 32 - Lab vrijednosti punog tona žute, otisnute na papiru Symbol	37
Slika 33 - Lab vrijednosti punog tona crne, otisnute na papiru Symbol	38
Slika 34 - Devijacija promjera otisnutih rasterskih elemenata u području od 10 posto, 20 posto i 30 posto za Arcoprint papir	39
Slika 35 - Fotografije CMYK rasterskih elemenata u području od 20 posto kod Arcoprint papira	40
Slika 36 - Devijacija promjera otisnutih rasterskih elemenata u području od 10 posto, 20 posto i 30 posto za Splendogel papir	41
Slika 37 - Fotografije CMYK rasterskih elemenata u području od 20 posto kod Splendogel papira	42
Slika 38 - Devijacija promjera otisnutih rasterskih elemenata u području od 10 posto, 20 posto i 30 posto za Symbol papir	43
Slika 39 - Fotografije CMYK rasterskih elemenata u području od 20 posto kod Symbol papira	44
Slika 40 - Promjer i reflektancija cijan rasterskog elementa otisnutog na Arcoprint papiru s 3 različite temperature ofsetne gume	45
Slika 41 - Promjer i reflektancija cijan rasterskog elementa otisnutog na Splendogel papiru s 3 različite temperature ofsetne gume	45
Slika 42 - Promjer i reflektancija cijan rasterskog elementa otisnutog na Symbol papiru s 3 različite temperature ofsetne gume	46

Prilog 1 - Lab vrijednosti punog tona cijana, otisnutog na papiru Arcoprint	49
Prilog 2 - Lab vrijednosti punog tona magente, otisnute na papiru Arcoprint	49
Prilog 3 - Lab vrijednosti punog tona žute, otisnute na papiru Arcoprint	50
Prilog 4 - Lab vrijednosti punog tona crne, otisnute na papiru Arcoprint	50
Prilog 5 - Lab vrijednosti punog tona cijana, otisnutog na papiru Splendogel	51
Prilog 6 - Lab vrijednosti punog tona magente, otisnute na papiru Splendogel	51
Prilog 7 - Lab vrijednosti punog tona žute, otisnute na papiru Splendogel	52
Prilog 8 - Lab vrijednosti punog tona crne, otisnute na papiru Arcoprint	52
Prilog 9 - Lab vrijednosti punog tona cijana, otisnutog na papiru Symbol	53
Prilog 10 - Lab vrijednosti punog tona magente, otisnute na papiru Symbol	53
Prilog 11 - Lab vrijednosti punog tona žute, otisnute na papiru Symbol	54
Prilog 12 - Lab vrijednosti punog tona crne, otisnute na papiru Symbol	54
Prilog 13 - Promjer i reflektancija cijan rasterskog elementa otisnutog na Arcoprint papiru sa 3 različite temperature ofsetne gume	55
Prilog 14 - Promjer i reflektancija cijan rasterskog elementa otisnutog na Splendogel papiru s 3 različite temperature ofsetne gume	56
Prilog 15 - Promjer i reflektancija cijan rasterskog elementa otisnutog na Symbol papiru s 3 različite temperature ofsetne gume	57