

# Komparacija elektrofotografskih otisaka nastalih nanašanjem praškastih i tekućih tonera

---

Malenica, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:642359>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-18**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB**

# **ZAVRŠNI RAD**

Ivan Malenica

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB**

Smjer: Tehničko- tehnološki

**ZAVRŠNI RAD**

**KOMPARACIJA ELEKTROFOTOGRAFSKIH  
OTISAKA NASTALIH NANAŠANJEM  
PRAŠKASTIH I TEKUĆIH TONERA**

Mentor:

doc. dr.sc. Igor Majnarić

Student:

Ivan Malenica

Zagreb, 2016.

## SAŽETAK

Do sada je elektrofotografija sa tekućim tonerom omogućavala višu kvalitetu kolornih reprodukcija. Međutim, razvojem novih komponenata (laserske glave, praškastih tonera) ta razlika se smanjuje. U ovom radu cilj nam je usporediti otiske Minolte HC 1070 i HP Indiga 5050 kako bi se ustanovila razlika u obojenju primarnih tonova, sekundarnih tonova i tercijarnih tonova (kolorne slike). Za potrebu rada, otisnute su FOGRA sandardne tiskovne forme koje su mjerene sa kalorimetrom, spektrofotometrom, X-Rite, eXact.

Za potrebu rada otisci su otisnuti na dvije najčešće primjenjivane tiskovne podloge: nepremazani papir (ofsetni papir) te premazani papir (papir za umjetnički tisak). Rastertonske vrijednosti i kolorno obojenje u CIE Lab kolornom sustavu odredili smo kolorimetrom i spektrofotometrom x-Rite eXact. U radu su prikazane krivulje prirasta RTV-a za procesne boje (denzitometrijska kontrola tiska), te kolorimetrijska analiza (CIE LAB  $\Delta E$ ) za najteže reproducirane tonove (40% RTV tonovi). Tehnike digitalnog tiska započele su svoju primjenu 1995. godine. Do danas uglavnom se koristi tehnika InkJet i elektrofotografija.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. Nabijanje tiskovne forme .....	3
2.2. Osvjetljavanje tiskovne forme.....	4
2.3. Obojavanje fotokonduktora tonerom.....	6
2.4. Prenošnje tonera na tiskovnu podlogu .....	7
2.5. Fiksiranje tonera na tiskovnoj podlozi.....	8
2.6. Čišćenje fotokonduktora od ostataka tonera .....	9
3. PRAKTIČNI DIO.....	10
3.1. Metode korištene za izradu završnog rada.....	10
3.2. Minolta HC 1070.....	11
3.3. Spektrofotometar xRite xXact.....	13
3.4. Korišteni materijali .....	14
4. REZULTATI I RASPRAVA .....	15
4.1. Denzitometrijska kontrola za KD papir .....	15
4.2. Denzitometrijska kontrola za ofsetni papir .....	19
4.3. Kolorimetrijska analiza.....	23
5. ZAKLJUČAK .....	27
6. LITERATURA.....	28

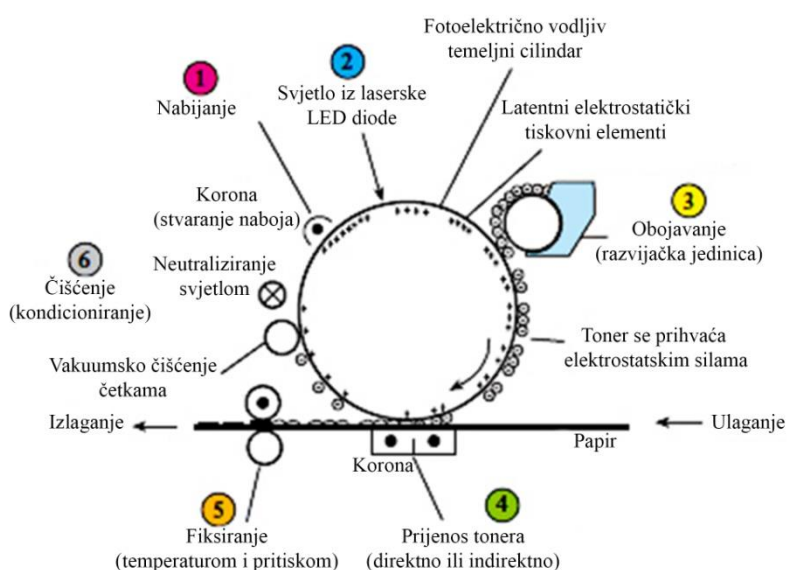
## 1. UVOD

U posljednje vrijeme, tehnike digitalnog tiska ostvaruju vrhunsku kvalitetu reprodukcije. Do sada, elektrofotografija sa tekućim tonerom omogućavala je višu kvalitetu kolornih reprodukcija. Međutim, razvojem novih komponenata (laserske glave, tonera) ta razlika se smanjuje. Zbog informacija koje su u digitalnom obliku, digitalni tisak postaje sve mnogo pristupačniji. Lako ga je modificirati te otiskivati, za razliku od konvencionalnih tehnika tiska. Digitalni tisak pogodan je za manje naklade, dok kod konvencionalnih tehnika otiskivanje manjih naklada je neisplativo, one su namijenjene otiskivanju većih naklada. Današnji digitalni tisak se razvija u dva smjera: Computer to Press i Computer to Print. Computer to Press je tehnologija koja tiskovnu formu ispisuje u samom stroju te se nakon toga tiska jedan te isti motiv. Computer to Print tehnologija temelji se na izradi latentne tiskove forme koja se nakon svakog otiskivanja ponovno izrađuje. Karakterizira ih vrlo mala sila pritiska u dodirnoj zoni tiskovne forme i tiskovne podloge te takve tehnike nazivamo NIP (Non Impact Printing) tehnike otiskivajna. NIP tehnologija svakodnevno se razvija, te se najviše pozornosti daje strojevima koji rade principom elektrofotografije. Zbog toga je elektrofotografija najraširenija tehnika digitalnog tiska. Ime je dobila po korištenom fotoelektričnom efektu koji je primjenjen u samoj tehnologiji ispisivanja.

Stoga, cilj ovog rada je utvrditi kako se u elektrofotografiji reproduciraju osnovne procesne boje koje primjenjuju tekući i suhi (praškasti) toner, te kakva je mogućnost regulacije nanosa bojila na otisku. Studijom rezultata pokazat će se kolika je kolorna kvaliteta otiska na ofsetnom papiru te na papiru za umjetnički tisak. Uspoređivati će se krivulje prirasta sa standardima za ofset te odrediti korekcijske vrijednosti na papiru za umjetnički tisak. Također će se analizirati kolorimetrijske razlike otisaka punog tona (100% RTV) i otiske srednje rastertonske vrijednosti (40% RTV) u odnosu na standard na premazanim papirima (FOGRA 51) i papirima za umjetnički tisak (FOGRA 52).

## 2. TEORIJSKI DIO

Elektrofotografija je bazirana na latentnoj tiskovnoj formi koja se poslije svakog otiskivanja ponovno izrađuje. Tiskovni elementi i slobodne površine razlikuju se u energetskom potencijalu. Nanosom tonera suprotnog elektronskog potencijala na tiskovne elemente forma postaje vidljiva i spremna za otiskivanje. Osnovna zadaća procesa razvijanja je učiniti virtualnu tiskovnu formu vidljivom, za to se koriste toneri koji su prilagođeni za prenošenje na tiskovnu podlogu. Formiranje otiska obavezno se provodi u 6 faza. To su:



1. Nabijanje fotokoduktora
2. Osvjetljavanje fotokoduktora
3. Obojavanje fotokoduktora tonerom
4. Prenošnje tonera na tiskovnu podlogu
5. Fiksiranje tonera na tiskovnoj podlozi
6. Čišćenje fotokoduktora od ostataka tonera

Slika 1. Princip rada elektrofotografskih strojeva

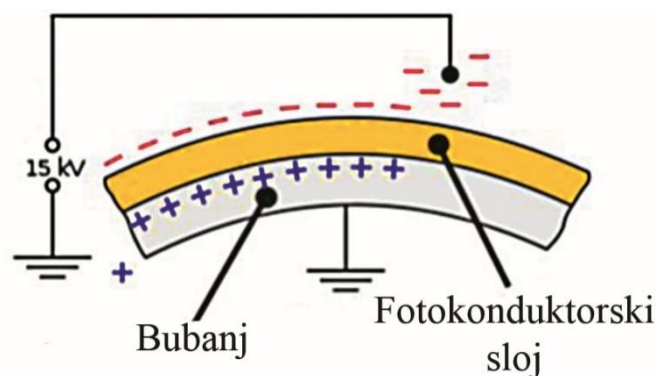
[Kiphan H.; *Hand Book of Print Media*, Springer, Berlin, 25-750, 2001.]

U ovom slučaju koristimo tonere koji se koriste u Minoltinim digitalnim strojevima, a to su suhi (praškasti) toneri koji se kao takvi sastoje od polimera, pigmenata i dodataka čije su čestice veličine od 6  $\mu\text{m}$ . Čestice tonera potrebno je nabiti odgovarajućim nabojem da bi se toner usmjereno kretao iz spremnika u smjer latentne tiskovne forme. Preškasti toner obično se proizvodi procesom toplinskog brušenja, pri čemu čestice tonera dobivaju nepravilan oblik. Modernija metoda je direktna kemijska sinteza (proces polimerizacije), koja osigurava

kuglaste čestice s ujednačenim promjerima. Debljina sloja suhog tonera na papiru je 6-15  $\mu\text{m}$  nakon njegovog fiksiranja. Da bi se izvršio prijenos tonera unutar tiskarskog stroja potrebno je zadovoljiti dva uvjeta, a to su da svjetlosni izvori moraju biti upravljani računalno (mijenjaju se ovisno o podacima iz računala), te spektralna osjetivost fotoreceptora mora biti prilagođena svjetlosnim izvorima.

## 2.1. Nabijanje tiskovne forme

Na početku svakog elektrofotografskog procesa na površini fotokonduktora se stvara kontrolirani električni potencijal. Pozitivsko nabijanje vrlo je često u elektrofotografiji. Takvo je nabijanje primjenu pronašlo u uredskim kopirnim strojevima. Pri pozitivskom nabijanju fotokonduktorski bubanj rotira konstantnom brzinom, pri čemu se izlaže djelovanju korotrona ili dikotrona. Fotokonduktorski bubanj rotira konstantnom brzinom, pri čemu se izlaže djelovanju korotrona ili dikotrona. Kod ovakvih nabijanja površina fotokonduktora premazana je fotopoluvodičkim slojem. Uređaji za pozitivsko nabijanje se zovu korotroni koji su direktno spojeni s napajanjem. Između uzemljenog metalnog kućišta i pozitivne korone stvara se jako elektrostatsko polje. Elektroni se oslobađaju s površine kućišta, i započinju svoje gibanje, dok kućište korotrona kontrolira snagu elektrostatskog polja (slika 2.).



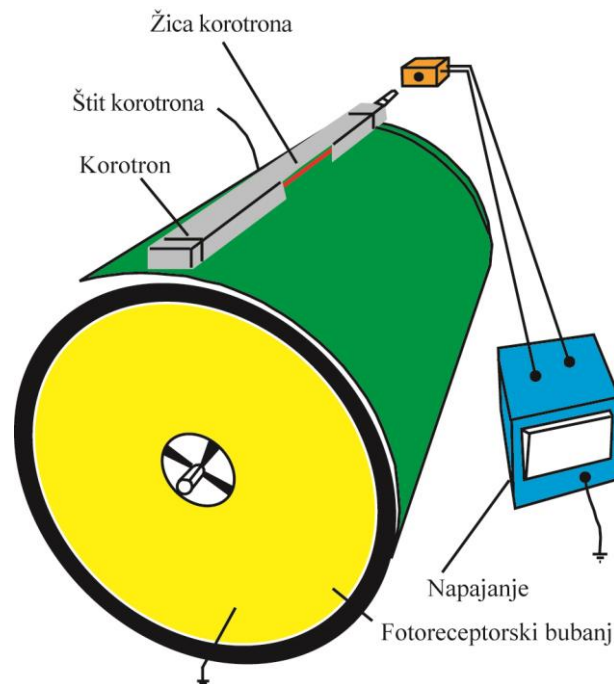
Slika 2. Princip rada nabijanja

[<http://gogss.hr/wp-content/uploads/2016/03/Digitalni-tisak.pdf>]

Da bi se ostvario hoogeni naboj čitava površina fotokonduktora mora se nabiti korotonom. Korotroni se kao uređaji nalaze iznad uzemljenog fotokonduktora i udaljeni su svega nekoliko milimetara. Negativni naboj na korotyonu ostvarit će se vanjskim napajanjem koje je povezano sa koronskom žicom. Uslijed visokog napona žica korotrona oslobađati će veliku



količinu elektrona koji će u sudaru sa zrakom stvarati negativno nabijene ione. Usmjerenom kretanju negativno nabijenih iona vrši se uz pomoć štita korotrona koji će u konačnici nabiti zonu od nekoliko milimetara.



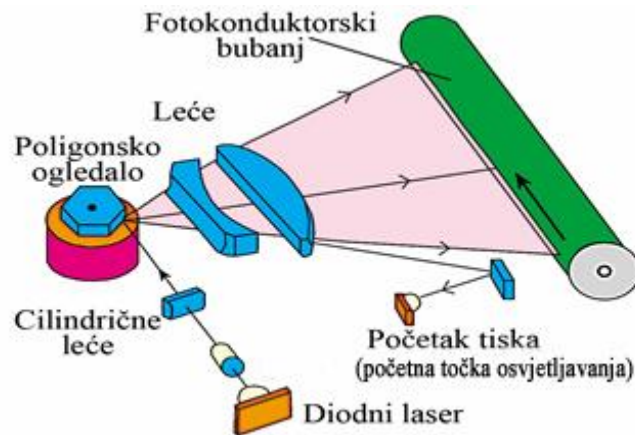
Slika 3. Nabijanje korotromom

[Majnarić, I.; *Osnove digitalnog tiska*, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2015.]

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

## 2.2. Osvjetljavanje tiskovne forme

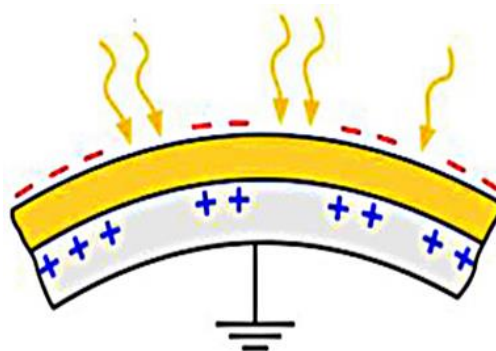
Kod pozitivskog nabijanja svjetlosti se izlažu budući tiskovni elementi. Intenzitet laserskog zračenja je moguće modulirati, time je omogućen različit elektrostatski potencijal tiskovnih elemenata, koji će se kasnije u fazi razvijanja pretvoriti u različitu gustoću obojenja. Tiskovni elementi formirani na fotokonduktoru su vrlo mali, čime je osigurana dobra rasterska reprodukcija. Kod elektrofotografskih strojeva koji rade principom negativskog nabijanja, ukupna svjetlosna izloženost fotokonduktorske površine vrlo je velika. Neosvijetljeni tiskovni elementi se ne mogu nijansirati, te je takav princip osvjetljavanja pogodan za reprodukciju jednostavnijih grafičkih aplikacija. Na slici 4. prikazana je izrada ispisne glave pomoću ROS ispisne glave.



Slika 4. Osvjetljavanje fotokonduktorskog bubnja: sastav laserske glave

[Majnarić, I.; *Osnove digitalnog tiska*, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2015.]

Najčešća jedinica za osvjetljavanje radi na principu ROS-a (Raster Optical Scanner). Pritom će svjetlosni izvor biti IR svjetlost (830 nm) koji nastaje aktivacijom laserske diode. Tako će jedna ispisna zraka proći kroz prvi optički sklop (cilindrične leće) i doći do poligonskog ogledala. Poligonsko ogledalo će svojom rotacijom raspršiti ispisne zrake i kroz drugi optički sklop ispisati virtualnu tiskovnu formu (sliku). Osvjetljavanje je selektivno i u skladu sa digitalnim podacima. Na slici 5. prikazano je djelovanje IC zračenja na fotokonduktor i proces neutralizacije.



Slika 5. Osvjetljavanje fotokonduktorskog bubnja: generirana latentna slika

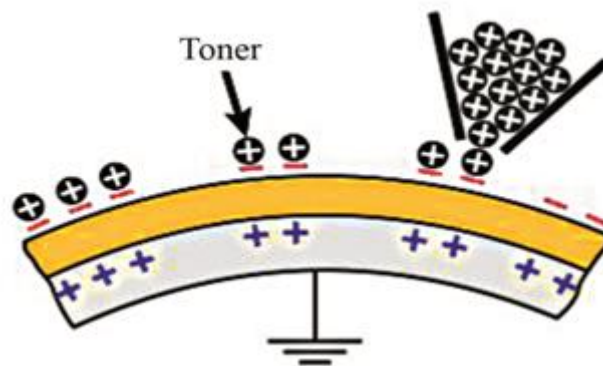
[<http://gogss.hr/wp-content/uploads/2016/03/Digitalni-tisak.pdf>]

Da bi se generirala latentna tiskovna forma na površini fotokonduktora morat će biti generirani različiti naboji. Tako će se kod indirektno elektrografije formirati negativni naboj (slobodne površine) i pozitivni naboj (tiskovni elementi). Da bi se to izvelo baza fotokonduktora mora biti uzemljena.

### 2.3. Obojavanje fotokonduktora tonerom

Osnovna zadaća procesa razvijanja je učiniti virtualnu tiskovnu formu vidljivom. U praksi se razlikuju dva osnovna tipa elektrofotografskog procesa otiskivanja. To su elektrofotografija tekućim tonerom i elektrofotografija suhim (praškastim) tonerom. U ovom radu koristimo elektrofotografiju suhim (praškastim) tonerima koji se koriste za Minoltu HC 1070 i elektrofotografiju sa tekućim tonerom koju koristi HP Indigo 5500.

U elektrofotografiji suhих (praškastih) tonera razlikujemo jednokomponentne razvijачke sustave i dvokomponentne razvijачke sustave. U oba sustava potrebno je čestice tonera (nosioca tonera) prvo nabiti odgovarajućim nabojem, da bi se toner usmjereno kretao iz spremnika u smjeru latentne tiskovne forme. Jednokomponentni toneri sastoji se od poliesterske stiren-akrilne smole (50%) i magnetizirajućeg željeznog pigmenta (50%). U procesu razvijanja tonera presudnu ulogu ima termoplastična smola koja se pri visokoj temperaturi brzo tali, odnosno hlađenjem se brzo skrućuje. Dvokomponentni toner (slika 6.) je smjesa dviju vrsta čestica: magnetskih nosećih čestica i tonerskih čestica. Za trajanja razvijачkog procesa čestice tonera sudaraju se s nosiocima. Pri tom kontaktu dolazi do trenja, što rezultira s triboelektričnim nabijanjem.



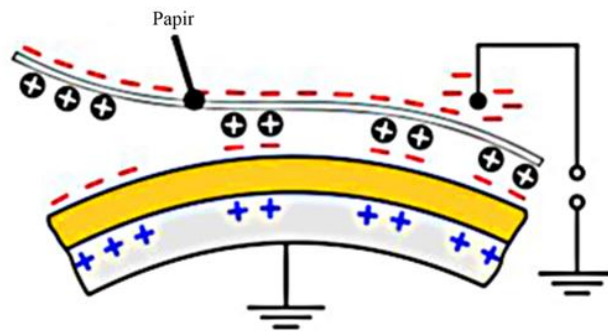
Slika 6. Princip obojavanja fotokonduktora

[<http://gogss.hr/wp-content/uploads/2016/03/Digitalni-tisak.pdf>]

Toner je negativno nabijen, međutim još uvijek pozitivniji od površinski generiranog naboja fotoreceptora. Pri međusobnom kontaktu razvijачkog valjka i fotokonduktora, tiskovni elementi na latentnoj tiskovnoj formi privlače čestice ElectroInka. Pritom se na fotokonduktoru formira tonerska slika s debljinom nanosa od 6  $\mu\text{m}$ . Toner se sastoji od tekućeg nosioca u kojemu su raspršeni negativno nabijeni pigmenti veličine između 1 i 3  $\mu\text{m}$ . U elektrofotografskim sustavima s tekućim tonerom karakterističan je i fotokonduktor koji je građen od amorfnog silikona.

## 2.4. Prenošenje tonera na tiskovnu podlogu

Kod direktnog elektrofotografskog tiska tiskovna podloga (obično papir) dovodi se u izravni kontakt s fotokonduktorom. Za što učinkovitiji prijenos tonera s fotokonduktora na tiskovnu podlogu, potrebno je ugraditi transferni uređaj. Na slici 7. prikazan je princip prenašanja tonera na tiskovnu podlogu.



*Slika 7. Uređaji za direktno prenošenje tonera na papir*

[<http://gogss.hr/wp-content/uploads/2016/03/Digitalni-tisak.pdf>]

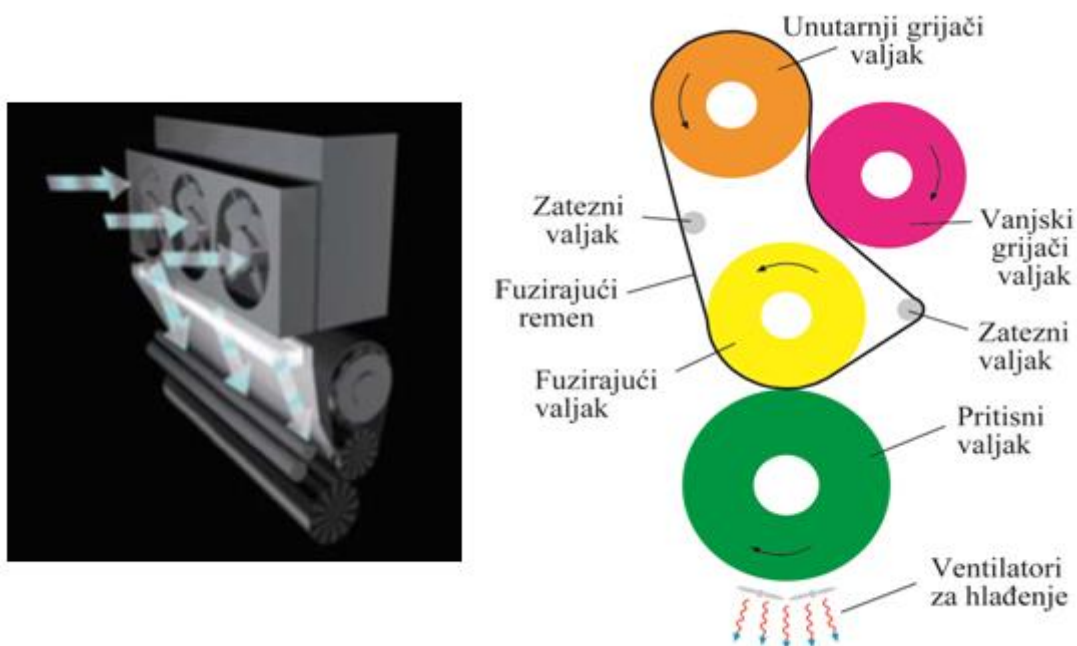
Da bi se što veća količina tonera primila na papir, tijekom transfera morat će se ostvariti elektrostatsko polje između tonera i površine papira. Zbog toga će ispod papira biti ugrađena transferna korona (valjak) koja je izvor jakog negativnog naboja.

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

Transforni valjak (nova tehnologija) je građen od metalne vodljive jezgre presvučene s 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 obavezno se koriste kod strojeva koji tiskaju iz role. U zoni dodirivanja formira se veći tlak koji rezultira i dodatnim glačanjem po cijeloj širini papirne role. Time je osigurana veća produktivnost s manjim brojem zastoja.

## 2.5. Fiksiranje tonera na tiskovnoj podlozi

Pri otiskivanju u kontaktu se moraju naći čestice tonera i tiskovna podloga. Pri tom srazu dolazi do međusobnog privlačenja elektrostatskim silama, ali i s međumolekularnim Wan der Waalsovim silama. Pritom privlačenje čestica tonera i papirnih vlaknaca nije ujednačeno i samo niži slojevi nanesenog tonera imaju privilegiju kvalitetnijeg vezivanja. Većina prenesenog tonera ostaje nestabilna i nije otporna na mehaničko otiranje. Iz tog razloga potrebno je dodatno fiksiranje čestica tonera za tiskovnu podlogu.



Slika 8. – Fuzerski remen i primjena principa fuziranja

[Majnarić, I.; *Osnove digitalnog tiska*, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2015.]

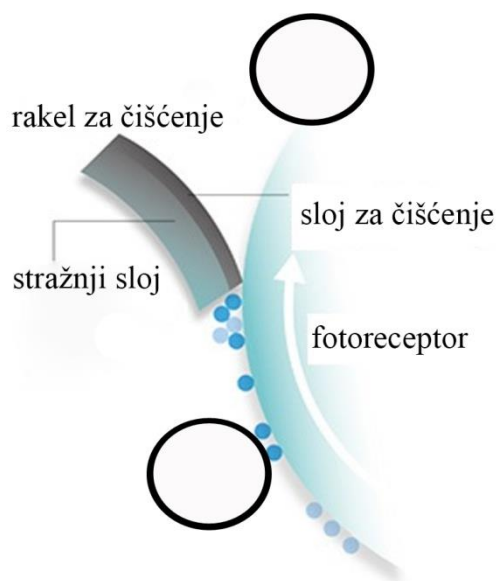
Da bi se ostvario ujednačeni prijenos topline fuzerski remen cijelo vrijeme mora biti konstantno zagrijan. To će se postići djelovanjem unutarnjeg i vanjskog grijačeg valjka da tijekom fuziranja nebi došlo pregrijavanja. Pritisni valjak obično se hladi ventilatorima.

## 2.6. Čišćenje fotokonduktora od ostataka tonera

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. Proces čišćenja izvodi se u dvije faze:

- brisanjem napona virtualne tiskovne forme
- skidanje ostataka tonera s fotokonduktora

Mehaničko čišćenje započinje prskanjem tekućeg nosioca na spužvasti valjak. Namočen spužvasti valjak je u direktnom kontaktu s fotokonduktorom, te ga jednolično vlaži. Dodatkom tekućeg nosioca ostaci elektroinka će se potpuno razrijediti. Nakon brisanja naboja čestice tonera se mehanički skidaju s površine fotokonduktora. Rakel za čišćenje tonera ima dva sloja da bi se spriječile deformacije. Zbog toga se primjenjuju gume visoke tvrdoće. Gornji sloj, koji je u kontaktu sa fotoreceptorom također sprječava buku koju proizvode rakel i rotirajući fotoreceptor.



*Slika 9. – Tipično čišćenje fotokonduktora u elektrografskim strojevima*

[ <https://en.wikipedia.org/wiki/Xerography> ]

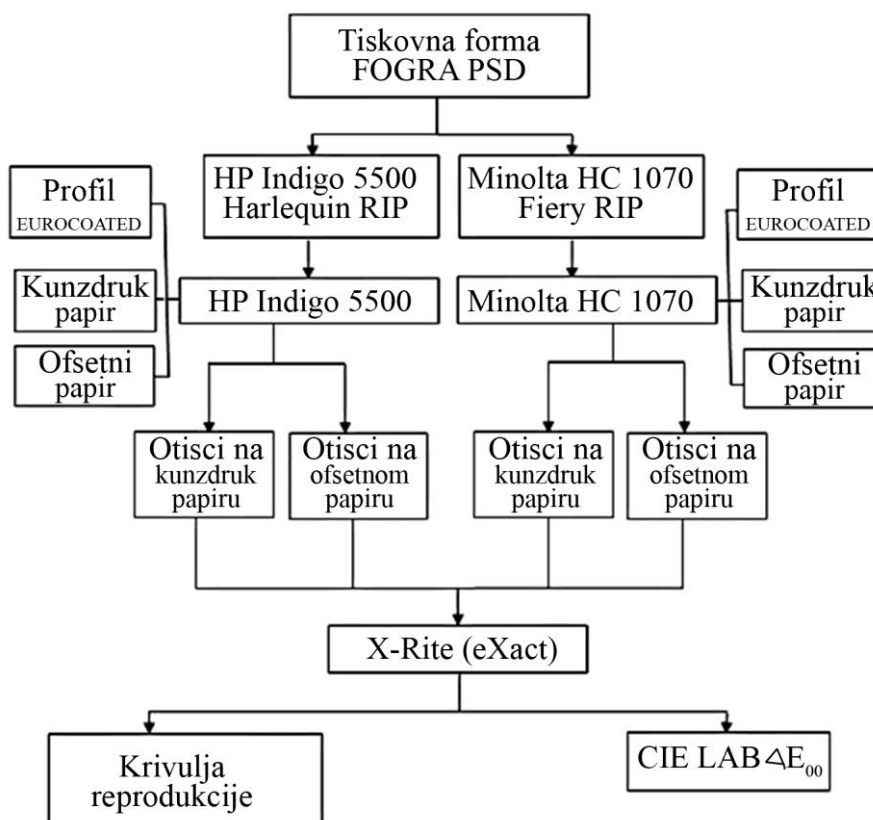
Čišćenje počinje svjetlosnom neutralizacijom, te prskanjem tekućeg nosioca na spužvasti valjak koji je u direktnom kontaktu sa fotokonduktorom koji ga jednolično vlaži. Dodatkom tekućeg nosioca ostaci ElektroInka će se potpuno razrijediti. Tekući nosilac s otopljenim ostacima ElectroInka lako se skida s elastičnim poliuretanskim nožem.

### 3. PRAKTIČNI DIO

#### 3.1. Metode korištene za izradu završnog rada

Da bi se izvršila komparativna analiza dvaju elektrofotografskih strojeva potrebno je otisnuti istu tiskovnu formu. Za potrebe ovog rada korištena je standardna FOGRA PSD forma. Prilikom otiskivanja na HP Indigo 5500 forma je RIP-ana Harlequin RIP-om, a kod Minolte HC 1070 Fiery RIP-om. Prilikom RIP-anja korišten je isti profil (ISO EUROCOATED), kao i iste tiskovne podloge. To su bile: ofsetni papir *Arcoprint* (proizvođač Fedrigoni) i papir za umjetnički tisak *Symbol* (proizvođač Fedrigoni).

Nastala četiri eksperimentalna otiska komparativno su analizirana nakon kolorimetrijskih i denzitometrijskih mjerenja. Pritom je korišten spektrofotometar i denzitometar X-Rite eXact. Konačni rezultati prikazani su kao krivulje reprodukcije i kao razlike u obojenju CIE LAB  $\Delta E$ .

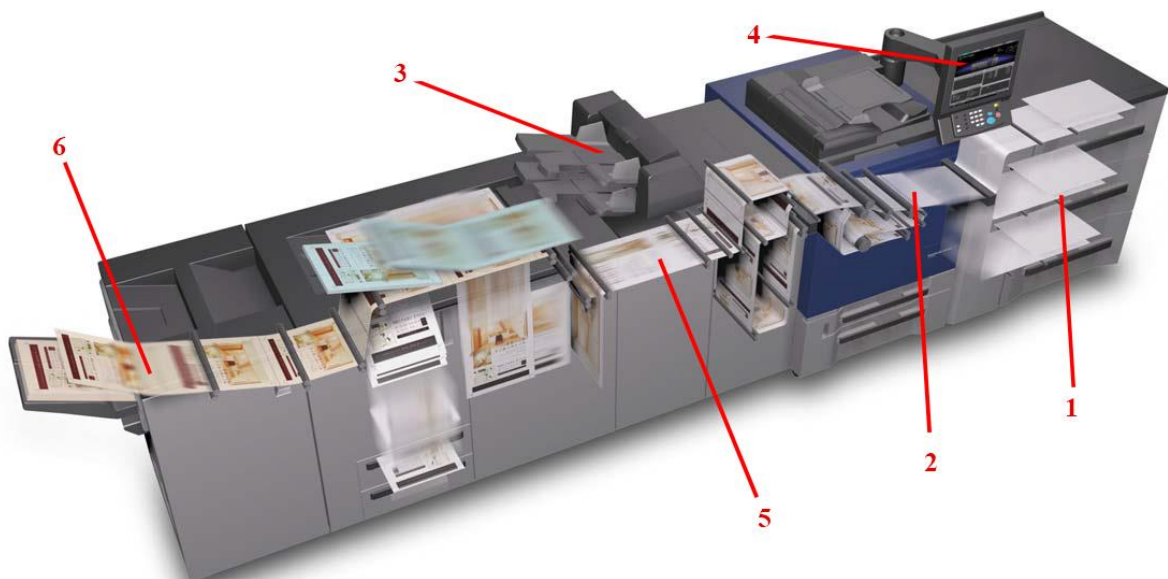


Slika 10. Shema izvršenog eksperimenta

### 3.2. Minolta HC 1070

Minolta HC 1070 sadrži aplikacije koje su renderirane na 1200 x 1200 dpi do 8 bita (300 posto više piksela i preciznosti boje u odnosu na 600 x 600 dpi standard). Maksimalni format otiska ovog digitalnog stroja je 323 x 480 mm. Brzina stroja kod kolornih otisaka iznosi 71 arak/min za A4 format, dok za A3 format iznosi 38 araka/min. Za crno-bijele otiske također dolazimo do brojke od 71 arak/min za A4 format. Stroj u kontinuitetu može odraditi i do 10 000 araka bez prekida. Gramatura papira koje podržava Minolta HC 1070 je za nepremazane papire od 62 g/m<sup>2</sup> do 256 g/m<sup>2</sup>, dok za premazane papire iznosi 81 g/m<sup>2</sup> do 256 g/m<sup>2</sup>.

Dodatna kvaliteta Minolte HC 1070 je također i Simitri HD toner koji koristi svoju trodimenzionalnu strukturu- funkcionalni polimer, praćenje toka procesa bilo koje vrste medija i tekstura podloge, te niža temperatura grijača koja postiže uštedu energije. Postizanje stabilnosti motiva prati se fotoreceptorom i IDC senzorom preko transfernog remena (kalibracija).



1- Sustav za ulaganje koji sadrži više ladica

2- Poravnavanje araka

3- Simitri toner

4- Upravljačka konzola

5- Tok araka kroz proces tiska

6- Izlagaći aparat

*Slika 11. Minolta HC 1070*

[[http://www.biz.konicaminolta.com/production/c1070\\_c1060/spec.html](http://www.biz.konicaminolta.com/production/c1070_c1060/spec.html)]



Tablica 1. Karakteristike Minolte HC 1070

Rezolucija	600 dpi × 600 dpi (1200 dpi)
Max. format tiska	323 mm × 480 mm
Kontinuirana brzina u koloru	71 sheets/min. (A4) 38 sheets/min. (A3)
Kontinuirana brzina crno-bijelog otiska	71 sheets/min. (A4)
Vrsta tonera	Simitri (tekući
Gramatura papira	62-256 g/m <sup>2</sup> za nepremazani 82-256 g/m <sup>2</sup> za premazani
Radni ciklus	Do 10 000 otisaka
Dimenzije stroja	760 mm × 903 mm × 1,073 mm 29.92" × 35.55" × 42.24"
Težina stroja	291 kg

Kvalitetu otiska također poboljšava Simitri toner koji se koristi u ispitanom uređaju Minolta HC 1070. To je toner koji koristi svoju strukturu koja je praćena funkcionalnim polimerom, praćenjem toka procesa bilo koje vrste medija i teksture podloge, te nižom temperaturom grijača koja postiže veliku uštedu energije.

Digitalni tisak namijenjen je tisku manjih naklada i malih formata, dok konvencionalni tisak prednost ima u veličini formata ispisa te u nakladi koja je višestruko veća nego u digitalnom tisku.



Slika 12. Usporedba Simitri tonera i otiska u konvencionalnom tisku

[<http://www.biz.konicaminolta.com/environment/technologies/simitri.html>]

### 3.3. Spektrofotometar xRite xXact

eXact služi za spektrofotometrijska i kolorimetrijska mjerenja na širokom rasponu različitih materijala od papira do tekstila. Spektrofotometrijski uređaj koji služi za precizno određivanje obojenja. Uređaj mora biti povezan s računalom kako bi funkcionirao. Veza korisnika i uređaja ostvarena je pomoću programa s kojim je moguće izmjeriti kolorimetrijsku vrijednost obojenja koja se može iskazati kao: gustoća obojenja, RTV obojenja, CIE Lab, RGB te vrijednost Pantone uzoraka,  $\Delta E$  CIE Lab, spektralne refleksije i spektralne transmisije.

*Tablica 2. Karakteristike spektrofotometra xRite eXact*

Raspon valnih duljina	400-700 nm
Raspon mjerenja	0 – 200 % Reflektancija
Brzina mjerenja	2 s
Optička razlučivost	10 nm
Geometrija	45°/0°
Standardni promatrač	2°/10°
Mjerna površina	O1.5, O2, O4 i O6 mm
Standard	ISO 13655:2009
USB	2.0



*Slika 13. Spektrofotometar xRite eXact*

[[http://www.grf.unizg.hr/wp-content/uploads/2010/09/SMP\\_KatalogOpreme\\_FINAL-WEB\\_v2.pdf](http://www.grf.unizg.hr/wp-content/uploads/2010/09/SMP_KatalogOpreme_FINAL-WEB_v2.pdf)]

### **3.4. Korišteni materijali**

Papir Symbol gloss proizvod je talijanskog proizvođača papira Fedrigoni, i spada u skupinu papira za umjetnički tisak. On je obostrano premazan papir i u svom sastavu sadrži: 50% čiste bezdrvene pulpe, 40% korištenih recikliranih vlakana i 10% pročišćenih recikliranih vlakana. Specifičnost proizvodnje toga papira je u tzv. neutralnoj pH vrijednosti papirnog vodenog ekstrakta. pH vrijednost u pulpi je u rasponu između 7,5 i 10. Korišteni papir je gramature 115 g/m<sup>2</sup> i debljine 0,099 mm uz dopuštenu toleranciju od 8%. Bjelina papira po ISO 2470 standardu iznosi 95% uz dopuštenu toleranciju od 2%. Upojnost po Cobbovoj metodi iznosi 34,43 g/m<sup>2</sup>, dok glatkoća po Bendtsenu iznosi 30,5 ml/min.

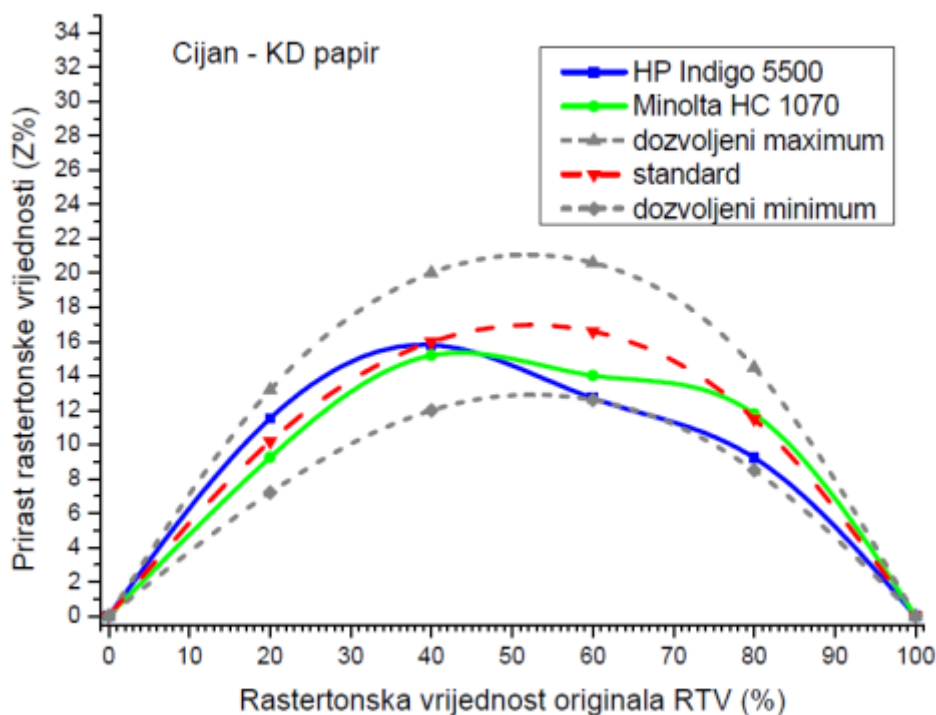
Druga tiskovna podloga je papir Arcoprint E.W. je 100% bezdrvni nepremazani ofsetni papir također proizveden u tvornici papira Fedrigoni. Arcoprint je kao i Simbol ekološki prihvatljiv papir, koji posjeduje neutralnu pH vrijednost celuloznih vlakana i koncentraciju klorinih derivata ispod 0,6 kg/T. Oznaka E.W. u nazivu papira definira i visoki stupanj bjeline. Njegova gramatura iznosi 120 g/m<sup>2</sup> i spada pod ISO 536 standard. Debljina ovog bezdrvnog nepremazanog papira iznosi 0,151 mm uz toleranciju od 8%. Bjelina po ISO 2470 standardu iznosi 94%, dok upojnost mjerena po Cobbu iznosi 31,74 g/m<sup>2</sup>. Glatkoća, koja se mjeri Bendtsenovom metodom, iznosi 256,8 ml/min.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Upotreba elektrofotografskih tiskarskih strojeva postaje sve značajnija u grafičkoj industriji. Pritom se oni najčešće koriste za tisak malih naklada (personalizirani tisak i tisak na zahtjev). Kvaliteta takvih otisaka mora biti velika te ih je potrebno pratiti. Standardi još ne postoje, te se otisci najčešće uspoređuju sa litografskim ofsetom. Na slikama 1-8 prikazane su krivulje prirasta elektrofotografskih strojeva HP Indigo 5500 i Minolte HC 1070 na papiru za umjetnički tisak i na papiru za ofset.

### 4.1. Denzitometrijska kontrola za KD papir

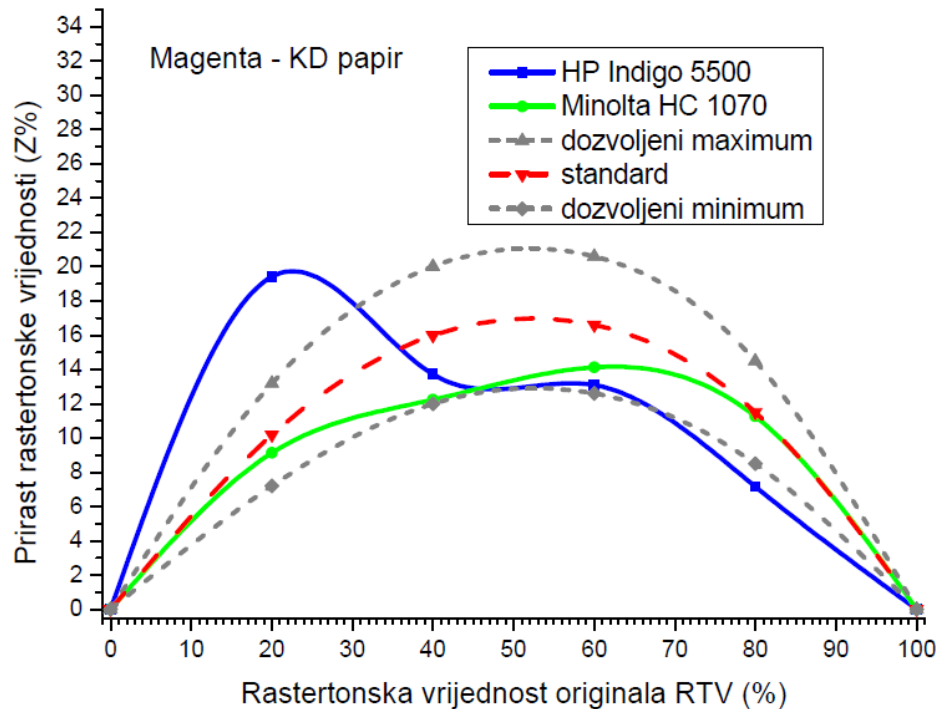
Da bi se u tisku ostvario ujednačeni otisak, tijekom proizvodnje potrebno je mjeriti gustoću obojenja procesnih boja (CMYK). Na slikama 14., 15., 16., 17. prikazane su krivulje reprodukcije koje detaljno opisuju mogućnost reproduciranja elektrofotografskih strojeva koji koriste tekući toner i praškasti Simitri toner.



Slika 14. Krivulja reprodukcije cijan otisaka na KD papiru

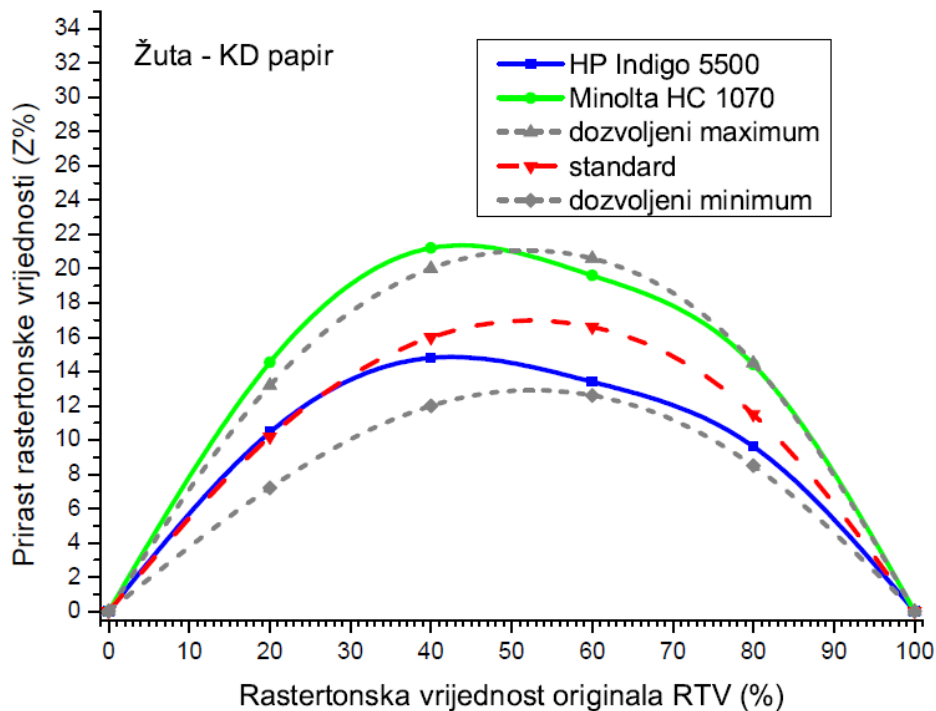
Krivulje prirasta cijan otisaka HP Indiga 5500 i Minolte HC 1070 nalaze se u dozvoljenom prostoru minimuma i maksimuma koji je određen za tehniku ofsetnog tiska, što znači da se

otisci mogu koristiti za komercijalni tisak. Ipak, postoje određene razlike pri čemu su otisci Minolte HC 1070 bliži idealnom standardu ( $\Delta Z_{20\%} = 9,26\%$  ;  $\Delta Z_{60\%} = 14,03\%$  ;  $\Delta Z_{80\%} = 11,8\%$ ). HP Indigo 5500 više oscilira u odnosu na standard, te u području od 20% RTV-a je za  $\Delta Z_{20\%} = 1,33\%$ , gotovo idealnu  $\Delta Z_{40\%} = 0,2\%$ , te niži u području tamnih tonova  $\Delta Z_{80\%} = 2,27\%$ .



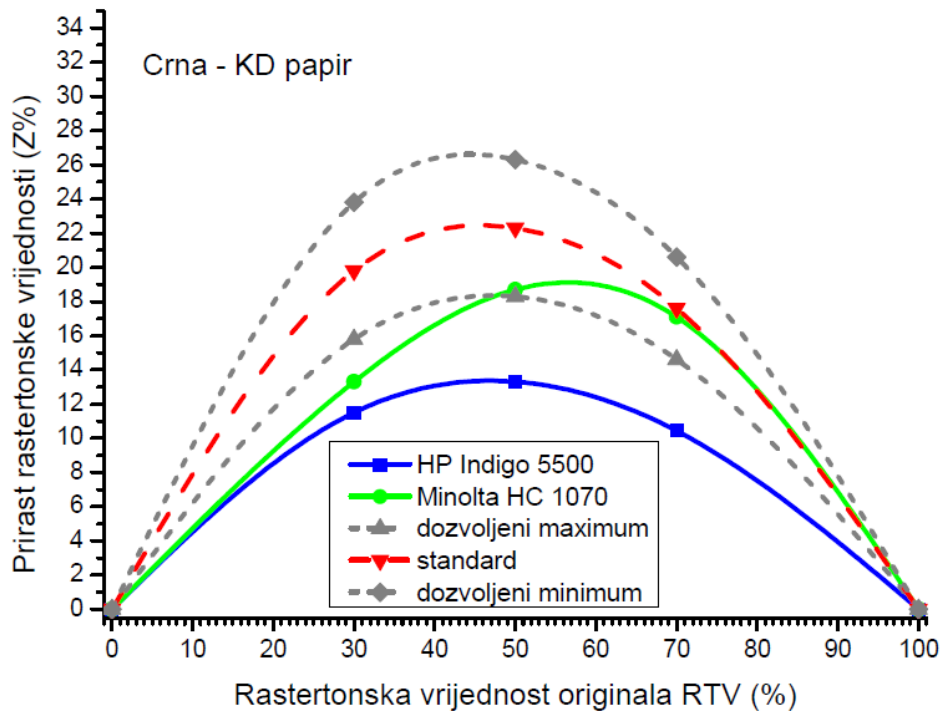
Slika 15. Krivulja reprodukcije magentnih otisaka na KD papiru

Krivulja prirasta magentne separacije nije pravilna. Odstupanje od predviđenog standarda je detektirano kod niskih tonskih vrijednosti HP Indiga 5500 ( $\Delta Z_{HP-standard} = 9,23\%$ ), te kod viših tonskih vrijednosti  $\Delta Z_{80\% HP-standard} = 4,34\%$ . Stoga će se tonovi morati korigirati promjenom LUT krivulje. Otisci Minolte HC 1070 su unutar predviđenog standarda za ostvarivanje otiska u tehnici ofsetnog tiska.



Slika 16. Krivulja reprodukcije žutih otisaka na KD papiru

Kod žute separacije nalazimo se u situaciji u kojoj su otisci HP Indiga 5500 od 0% do 100% RTV-a unutar određenog standarda. U području od 20% RTV-a je gotovo idealan, odstupanje iznosi 0,26%. Najveće odstupanje od idealnog standarda nalazimo u području tamnih tonova ( $\Delta Z_{60\%} = 3,2\%$ ). Minolta HC 1070 u području niskih tonskih vrijednosti oscilira od dozvoljenog maksimuma ( $\Delta Z_{20\% \text{ Minolta}} = 1,33\%$  ;  $\Delta Z_{40\% \text{ Minolta}} = 1,2\%$ ). Područje tamnih tonova ulazi u gararite standarda te oscilira od idealnog standarda za  $\Delta Z_{60\% \text{ Minolta-standard}} = 3\%$  ;  $\Delta Z_{80\% \text{ Minolta-standard}} = 2,9\%$ .

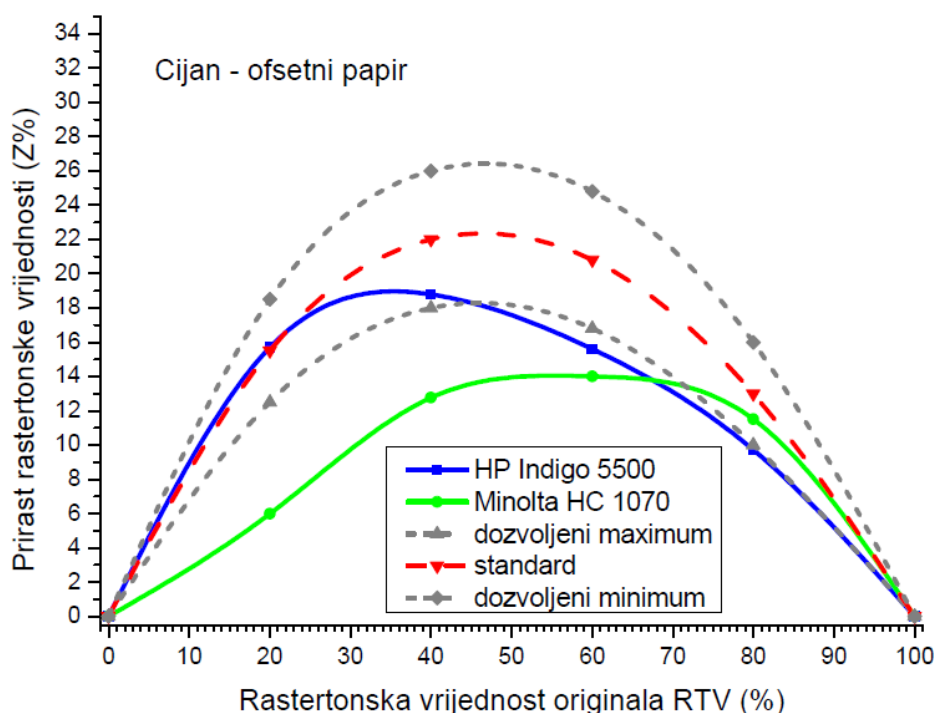


Slika 17. Krivulja reprodukcije crnih otisaka na KD papiru

Separacija crne boje nije pravilna što se tiče HP Indiga 5500. u područjima koje promatramo (30% RTV-a, 50% RTV-a, 70% RTV-a) zabilježena su odstupanja izvan dozvoljenih granica minimuma i maksimuma, a najveće odstupanje zabilježeno je u području 50% RTV-a u iznosu od  $\Delta Z_{50\% \text{ standard-HP}} = 9,25\%$ . Minolta HC 1070 u području od 30% RTV-a odstupa od idealnog standarda za  $\Delta Z_{30\% \text{ standard-Minolta}} = 6,07\%$ , dok u tamnim područjima je zabilježeno odstupanje od  $\Delta Z_{50\%} = 3,6\%$  i  $\Delta Z_{70\%} = 0,5\%$ .

## 4.2. Denzitometrijska kontrola za ofsetni papir

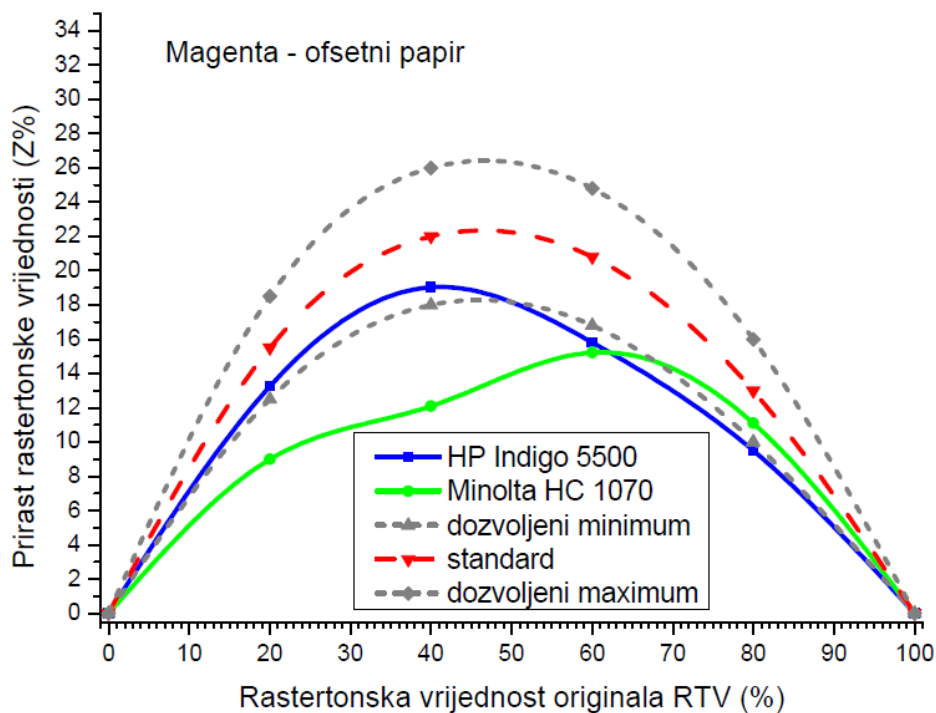
Kao faktor, tiskovna podloga značajno utječe na kvalitetu kolornr reprodukcije. Tako će hrapavija i poroznija površina tiskovne podloge zadržavati manju količinu tonera i refleksija ulaznog svjetla biti će manja. Na slikama 18., 19., 20., 21. prikazane su krivulje reprodukcije elektrofotografskih strojeva HP Indigo i Minolte HC 1070 na ofsetnom papiru.



Slika 18. Krivulja reprodukcije cijan otisaka na ofsetnom papiru

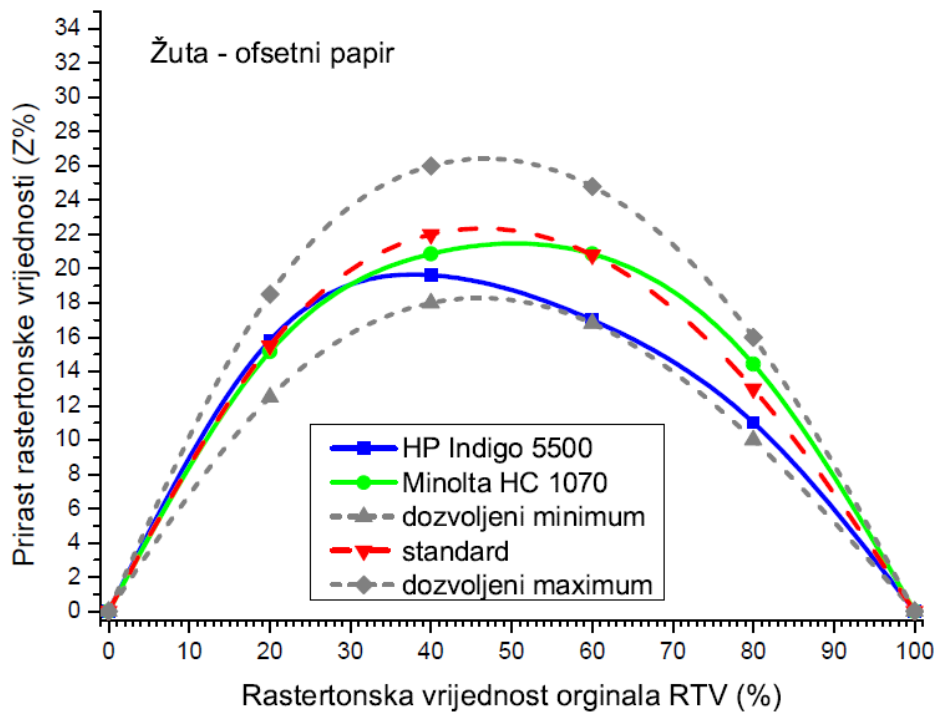
Krivulje prirasta kod cijan otisaka za ofsetni papir nisu potpuno pravilne. U područjima niskih tonskih vrijednosti za HP Indigo 5500 iznosi  $Z_{20\%} = 15,7\%$ , što je za 0,2% veće od idealnog standarda. U području srednjih tonskih vrijednosti odstupanja od standarda se povećavaju ( $\Delta Z_{40\% \text{ standard-HP}} = 2,2\%$ ,  $\Delta Z_{60\% \text{ standard-HP}} = 5,2\%$ ). Za područja viših tonskih vrijednosti to odstupanje se smanjuje te iznosi  $\Delta Z_{80\% \text{ standard-HP}} = 3,27\%$ . Otisci Minolte HC 1070 ne ulaze u dozvoljeno područje standarda, tek u višim tonskim vrijednostima gdje prirast iznosi  $Z_{80\%} = 9,73\%$ .





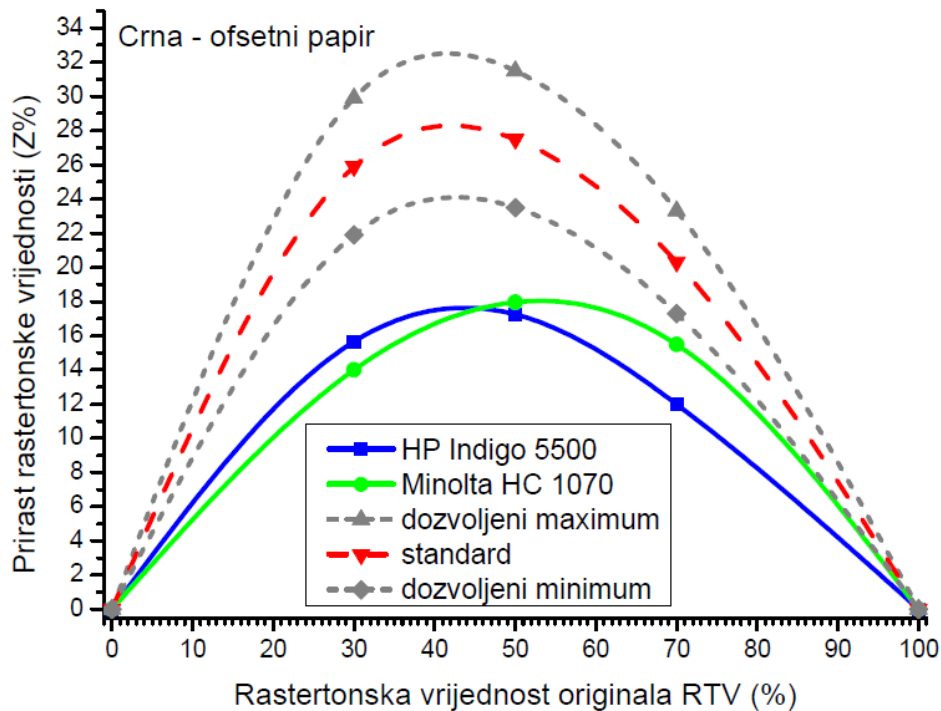
Slika 19. Krivulja reprodukcije magentnih otisaka na ofsetnom papiru

Kod magentnih otisaka nalazimo se u situaciji u kojoj su otisci HP indiga 5500 u području od 0% do 50% RTV-a unutar određenog standarda, dok u drugoj polovici odstupaju od granica standarda. Otisci Minolte HC 1070 dostižu vrijednosti dozvoljenog standarda tek pri 80% RTV-a te iznosi  $Z_{80\%} = 11,1\%$ . Ostali dobiveni rezultati odstupaju od dozvoljenog minimuma ( $\Delta Z_{20\% \text{ standard-Minolta}} = 5,57\%$  ;  $\Delta Z_{40\% \text{ standard-Minolta}} = 9,9\%$  ,  $\Delta Z_{60\% \text{ standard-Minolta}} = 5,57\%$ ).



Slika 20. Krivulja reprodukcije žutih otisaka na ofsetnom papiru

Otisci žute boje za oba stroja nalaze se u granicama predviđenog standarda. U području od 20% RTV-a Minolta HC 1070 i HP Indigo 5500 su vrijednostima vrlo blizu idealnom standardu (osciliraju za  $\Delta Z_{20\% \text{ standard-Minolta}} = 0,34\%$  i  $\Delta Z_{\text{HP-standard}} = 0,3\%$ ). U ostalim tonskim područjima oscilacije se povećavaju, ali ne izlaze izvan dozvoljenih granica.



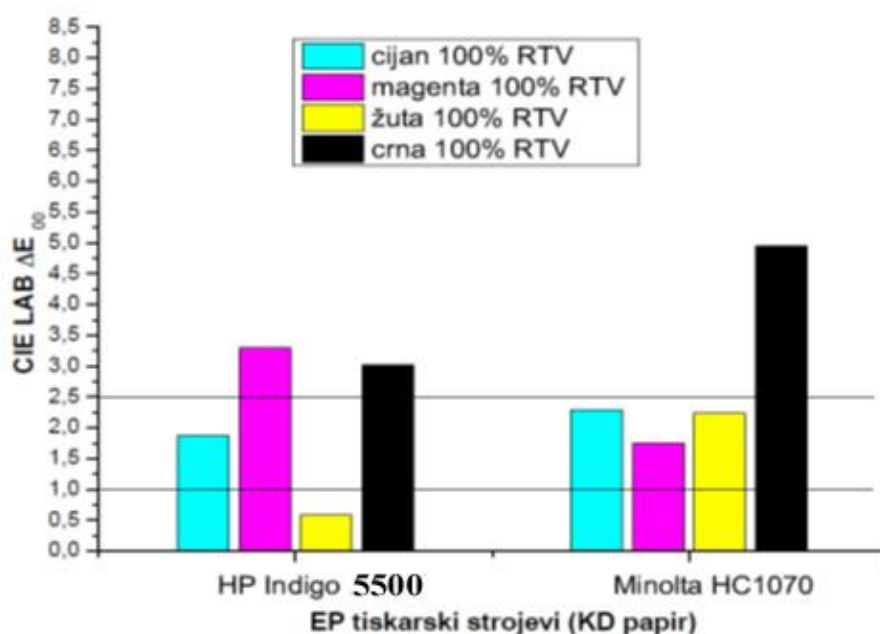
Slika 21. Krivulja reprodukcije crnih otisaka na ofsetnom papiru

Krivulja prirasta crne separacije nije pravilna. Odstupanje od predviđenog standarda je detektirano u svim područjima mjerenja. Tonovi će se morati korigirati primjenom LUT krivulje. Odstupanje od standarda za HP Indigo 5500 iznosi  $\Delta Z_{30\% \text{ standard-HP}} = 10,24\%$ ,  $\Delta Z_{50\% \text{ standard-HP}} = 10,24\%$  te  $\Delta Z_{70\% \text{ standard-HP}} = 8,3\%$ . Minolta HC 1070 mjeri odstupanja od  $\Delta Z_{30\% \text{ standard-Minolta}} = 11,9\%$ ,  $\Delta Z_{50\% \text{ standard-Minolta}} = 9,54\%$  te  $\Delta Z_{70\% \text{ standard-Minolta}} = 4,8\%$ .

Iz svih ovih krivulja vidljivo je da tiskovna podloga utječe na realizaciju rastertonske vrijednosti te da je za svaku tiskovnu podlogu potrebno napraviti određenu korekciju kako bi se postigle vrijednosti standarda. To je moguće direktnim denzitometrijskim mjerenjem i upisom vrijednosti u LUT tablicu RIPA. Tada će doći do modificiranja napona razvijaačke jedinice što će utjecati na nanos bojila. Na žalost zbog načina otiskivanja te vrijednosti mogu biti stalne stoga je kalibraciju potrebno raditi često.

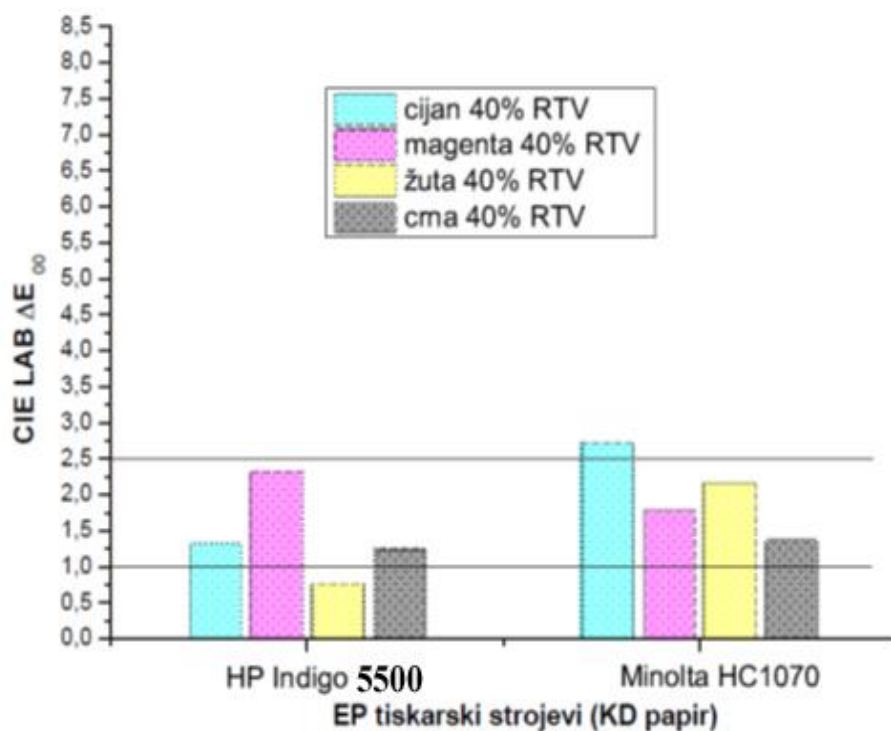
### 4.3. Kolorimetrijska analiza

Osim denzitometrijske kontrole tiska sve češće je u upotrebi kolorimetrijska analiza reprodukcije. Pritom se obično izračunava razlika u obojenju procesnih boja u punom tonu i u području srednjih tonskih vrijednosti (100% RTV i 40% RTV). Za potrebe ovog rada prikazani su rezultati otisaka elektrofotografskih strojeva *Minolta HC 1070* i *HP Indigo 5500* na ofsetnom papiru i papiru za umjetnički tisak. Time se direktno kompariraju kolorimetrijske razlike otisaka procesnih boja. Na slikama 22. i 23. prikazane su razlike u obojenju između HP Indiga 5500 i Minolte HC 1070 u odnosu na standard na papiru za umjetnički tisak (FOGRA 51).



Slika 22. Razlike u obojenju punog tona između HP Indiga 5500 i Minolte HC 1070 u odnosu na standard za premazani papir (FORGA 51)

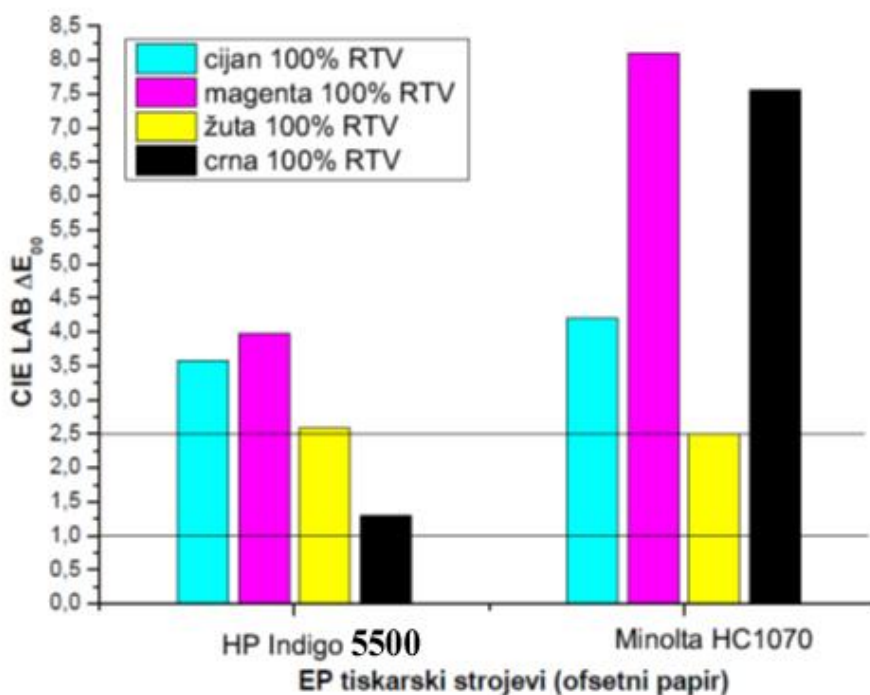
Kod punih tonova najidealnija reprodukcija ostvarena je kod HP Indiga 5500,  $\Delta E = 0,76$ , što je okom nevidljiva razlika. Najveće odstupanje koje je vidljivo oku ostvareno je kod magente punog tona koja iznosi  $E = 3,34$ . Otisci Minolte HC 1070 kromatski više odstupaju i njihova razlika u odnosu na FOGRA standard je vidljiva okom. Najbolje će se reproducirati magenta ( $\Delta E = 1,74$ ), a najlošije crna ( $\Delta E = 5,0$ ).



Slika 23. Razlike u obojenju rastriranih tonova (40%RTV-a) između HP Indiga 5500 i Minolte HC 1070 u odnosu na standard za premazani papir (FOGRA 51)

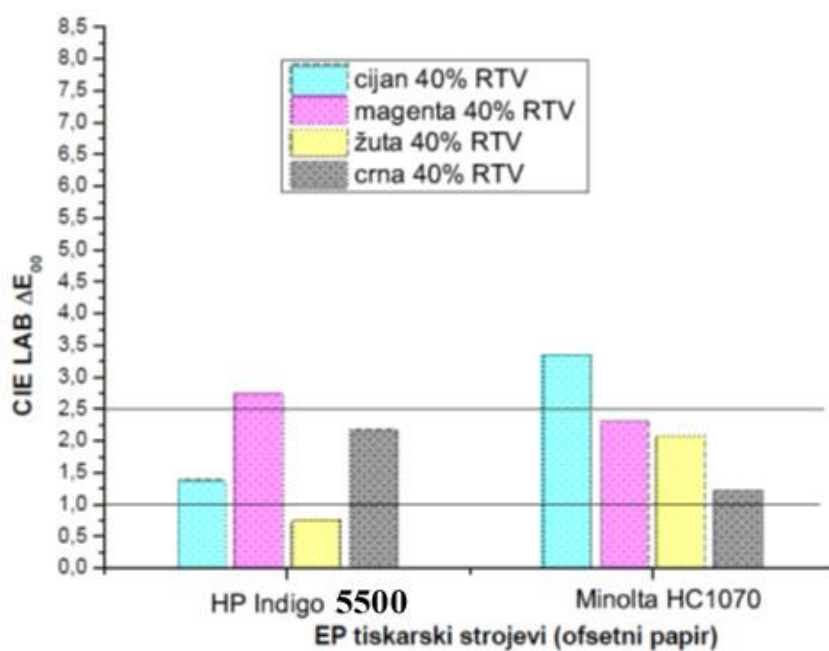
Rastrirane površine puno su bolje reproducirane. Kod HP Indiga 5500 razlike u cmyku, magenti i crnoj nema, dok je vrijednost žute niska ( $\Delta E = 1,29$ ). Otisci Minolte HC 1070 također imaju srednje promjene ( $\Delta E$  je u području iznosi 1-2,5). Jedina iznimka je cijan od 40% RTV-a koji iznosi  $\Delta E = 2,74$ .

Kao i u denzitometriji promjena površinske hrapavosti utjecati će na ostvarene tonove. Na slikama 24. i 25. prikazane su promjene u obojenju CMYK tonova na jeftinim ofsetnim papirima.



Slika 24. Razlike u obojenju punog tona između HP Indiga 5500 i Minolte HC 1070 u odnosu na standard za ofsetni papir (FOGRA 52)

Promjenom tiskovne podloge ostvarit će se veće kolorne devijacije u odnosu na FOGRU 51. Tako će sve kolorne vrijednosti osim HP Indiga 5500 u crnoj boji biti iznad 2,5. Najveća devijacija u odstupanju obojenja će biti kod magente, a najmanja kod crne ( $\Delta E = 1,36$ ). Kod Minolte HC 1070 najveća kolorna razlika je kod magente  $\Delta E = 8,03$ , a najmanja kod žute ( $\Delta E = 2,5$ ).



*Slika 25. Razlike u obojenju rastriranih tonova (40% RTV-a) između HP Indiga 5500 i Minolte HC 1070 u odnosu na standard za ofsetni papir (FOGRA 52)*

Kao i kod KD papira rastrirane površine su bolje reproducirane. Velike promjene (iznad 2,5) ostvarene su kod HP Indiga 5500 za magentu ( $\Delta E = 2,75$ ) i cijana Minolte HC 1070 ( $\Delta E = 0,75$ ), što je idealna reprodukcija.

## 5. ZAKLJUČAK

Na bazi izmjerenih otisaka utvrđeno je da tekući toneri ostvaruju bolji otisak od praškastog te bolje prati definirani standard. Također vidljivo je da ne postoji pravilnost u krivuljama reprodukcije te svaka boja ima svoju specifičnost.

Kod cijan otisaka na KD papiru izmjerena je razlika između HP Indiga 5500 i Minolte HC 1070. U svijetlim područjima  $\Delta Z_{HP-Minolta} = 2,27\%$ , srednja područja  $\Delta Z_{HP-Minolta} = 0,6\%$ , te u tamnim područjima  $\Delta Z_{Minolta-HP} = 2,57\%$ . Cijan separacija elektrofotografskih strojeva otiskuje se u granicama ofsetnog standarda.

Magentni otisci ostvareni sa HP Indigom 5500 i Minoltom HC 1070 značajnije odstupaju u svijetlim vrijednostima ( $\Delta Z_{20\% HP-Minolta} = 10,27\%$ ), dok će u srednjim i tamnim područjima devijacija iznositi  $\Delta Z_{60\% Minolta-HP} = 1,03\%$ ,  $\Delta Z_{80\% Minolta-HP} = 4,1\%$ .

Žuti otisci u svijetlim tonovima stvaraju razliku u otiscima na HP Indigu i Minolti HC 1070 od  $\Delta Z_{20\% Minolta-HP} = 4,07\%$ . Dok se u srednjim tonovima ta razlika povećava ( $\Delta Z_{40\% Minolta-HP} = 6,4\%$ ,  $\Delta Z_{60\% Minolta-HP} = 6,2\%$ ). U tamnim tonovima razlika je manja te iznosi  $\Delta Z_{80\% Minolta-HP} = 4,77\%$ .

Najveća odstupanja od standarda uočavamo kod crnih tonova, osobito na otiscima HP Indiga 5500. Otisci Minolte HC 1070 u područjima tamnih tonova ulazi u standard, te je kod 80% RTV-a gotovo idealna ( $\Delta Z_{80\% standard-Minolta} = 0,5\%$ ). Stoga, crna separacija Minolte HC 1070 otiskuje se u granicama ofsetnog standarda.

Promjenom tehnologije otiskivanja najveća kolorna razlika u punom tonu ostvarena je kod crne boje  $\Delta E_{Minolta-HP} = 6,31$ , dok je najmanja kod žute separacije ( $\Delta Z_{HP-Minolta} = 0,11$ ).

Sve ove vrijednosti moguće je popraviti upotrebom Color Managementa. Pritom će se u LUT tablicu upisivati korekcijsku vrijednost (koja će ispraviti sve eventualne nedostatke).



## 6. LITERATURA

1. Majnarić, I.; *Studija indirektne elektrofotografije*, Doktorska disertacija, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2007.
2. Majnarić, I.; Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge, Magistarski rad, Zagreb, 2004.
3. Majnarić, I.; *Osnove digitalnog tiska*, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2015.
4. Andrić, M.; *Komparacija otisaka otisnutih standardnim i visokopigmentiranim elektrofotografterom*, Diplomski rad, Zagreb, 2014.
5. [http://www.biz.konicaminolta.com/production/c1070\\_c1060/spec.html](http://www.biz.konicaminolta.com/production/c1070_c1060/spec.html) , 20.4.2016.
6. <http://www.biz.konicaminolta.com/environment/technologies/simitri.html> , 20.4.2016.
7. <http://www.xrite.com/exact> , 15.5.2016.
8. <https://en.wikipedia.org/wiki/Xerography>, 12.5.2016.
9. Kiphan, H.; *Hand Book of Print Media*, Springer, Berlin, 25-750, 2001.
10. Kunjko, M.; *Kolorimetrijska analiza Xerox Versant otisaka na premazanim i nepremazanim papirima*, Završni rad, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2016.