

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

# **ZAVRŠNI RAD**

Mario Kunjko

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

Smjer: tehničko-tehnološki

**ZAVRŠNI RAD**

**KOLORIMETRIJSKA ANALIZA  
XEROX VERSANT OTISAKA NA  
PREMAZANIM I NEPREMAZANIM PAPIRIMA**

Mentor:

doc. dr. sc. Igor Majnarić

Student:

Mario Kunjko

Zagreb, 2016.

## SAŽETAK

Najraširenija NIP tehnika tiska sa promjenjivom tiskovnom formom je elektrofotografija. Osnovni princip elektrofotografije se temelji na fizikalnom fotoelektičnom efektu, a toneri mogu biti tekući ili praškasti. Na samom početku rada opisan je princip dobivanja otiska na papiru pomoću elektrofotografskih strojeva koji koriste praškaste tonere. Formiranje otiska provodi se u šest faza koje su opisane u teorijskom dijelu rada.

U ovome radu dodatno je opisana trenutno aktualna Xerox-ova tehnologija otiskivanja na Versant tiskarskim strojevima. Pri tome su otisnuti kolorni otisci na dvije najčešće primjenjivane tiskovne podloge: *premazani papir (papir za umjetnički tisak)* i *nepremazani papir (ofsetni papir)*. Korišteni mjerni uređaj je X-Rite (eXact). Njime se određuju rastertonske vrijednosti i kolorno obojenje u *CIE Lab* kolornom sustavu .

Otiske otisnute na Xerox Versant tiskarskom stroju također uspoređujemo sa najkvalitetnijim otiscima stroja HP Indigo 5500. U radu su tako prikazane krivulje prirasta RTV-a za procesne boje (CMYK), a osim denzitometrijske kontrole tiska izvršena je i kolorimetrijska analiza za najteže reproducirane tonove.

Rezultati pokazuju da su otisci Xerox Versanta 2100 bolji na premazanim papirima od onih na ofsetnom papiru. Također kod ovog tipa elektrofotografskog stroja otisci cijana i magente na premazanom papiru su unutar standarda za umjetnički tisak, dok otisci žute i crne minimalno odstupaju od standarda. Otisci svih kolornih separacija će na nepremazanom papiru u nižim rastertonskim vrijednostima (<60% RTV-a) odstupati od standarda, a u najvišim vrijednostima RTV-a (>80%) bili su unutar predviđenog standarda.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>2</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. Elektrofotografija</b> .....	<b>3</b>
2.1.1. Nabijanje fotokonduktora u indirektnoj elektrofotografiji.....	4
2.1.2. Osvjetljavanje fotokonduktora.....	6
2.1.3. Razvijanje fotokonduktora.....	8
2.1.4. Prijenos tonera.....	10
2.1.5. Fuziranje tonera.....	11
2.1.6. Čišćenje fotokonduktora.....	13
<b>2.2. Papiri za digitalni tisak</b> .....	<b>14</b>
<b>3. PRAKTIČNI DIO</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1. Metode korištene za izradu završnog rada</b> .....	<b>15</b>
<b>3.2. Xerox Versant 2100 Press</b> .....	<b>16</b>
3.2.1. Specifikacije.....	17
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	<b>18</b>
<b>4.1. Denzitometrijska kontrola (krivulja prirasta)</b> .....	<b>18</b>
<b>4.2. Kolorimetrijska analiza</b> .....	<b>26</b>
4.3.1. Komparacija Xerox Versant otisaka na ofsetnom i premazanom papiru u odnosu na FOGRA standard.....	30
<b>5. ZAKLJUČCI</b> .....	<b>31</b>
<b>6. LITERATURA</b> .....	<b>34</b>
<b>7. PRILOZI</b> .....	<b>35</b>

## RJEŠENJE

## 1. UVOD

Razvojem računala i laserske tehnologije sve više se razvija i digitalni tisak koji je pogodan zbog tiska na zahtijev (Print on demand). Zbog takvog načina otiskivanja gdje nije potrebna izrada tiskovne forme (tiskovna forma je virtualna) niža je i cijena prvog otiska, a time su isplative i manje naklade. Ta varijabilna slika stvara se 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).

Elektrofotografija je najraširenija tehnika digitalnog tiska i ovome radu opisan je princip na kojem rade mnogi elektrofotografski strojevi. Ime je dobila po fotoelektričnom efektu koji je primijenjen u samoj tehnologiji ispisivanja. Cijenom je povoljna za tiskanje malih serija te personaliziranih naklada koje su inače neisplative u klasičnim tehnikama tiska. Elektrofotografija je relativno novi način otiskivanja i još ne postoje svi definirani standardi. Zbog toga se otisci najčešće uspoređuju sa litografskim ofsetom. Kako bi se otisci na premazanom i nepremazanom papiru standardizirali i deklarirali kao otisci koje se može koristiti u komercijalne svrhe, kompariraju se sa standardima za ofsetni tisak.

Zadaci ovog završnog rada su:

- Usporediti krivulje prirasta sa standardima za ofset te odrediti korekcijske vrijednosti na papiru za umjetnički tisak (PSO)
- Analizirati kolorimetrijske razlike otisaka punog tona (100% RTV) i otiske srednje rastertonske vrijednosti (40%) u odnosu na standard na premazanim papirima (FOGRA 51) i papirima za umjetnički tisak (FOGRA 52).

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Elektrofotografija

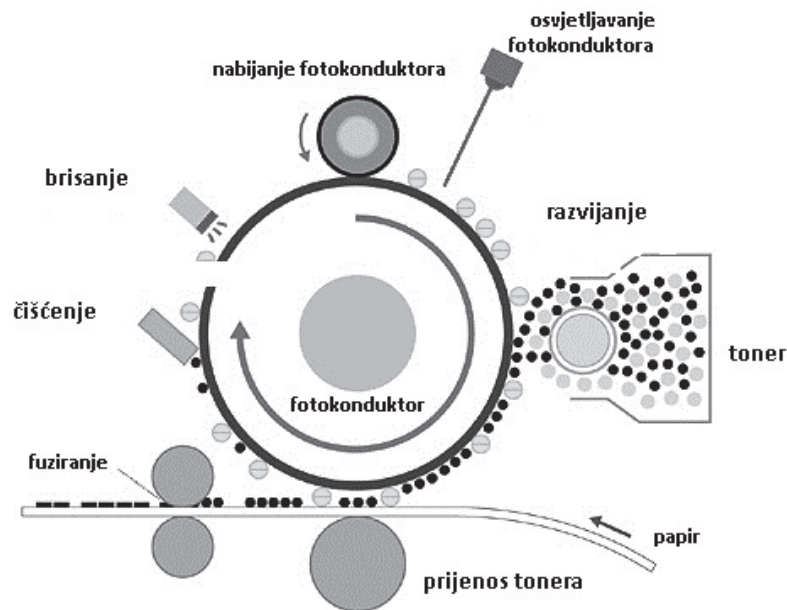
Kod digitalnih tiskarskih strojeva računalo je direktno spojeno s tiskarskim strojem. U digitalnom tisku sve češće se koristi NIP tehnologija (non impact technology) kod koje je tiskovna forma virtualna, a međusobni kontakt podloge s tiskovnom formom je neznatan ili ne postoji (Inkjet). Slobodne površine i tiskovni elementi kod elektrofotografskih strojeva su u virtualnom obliku te se razlikuju po energetske potencijalu. Bojilo koje je suprotnog elektronskog potencijala nanosi se na virtualnu tiskovnu formu koja postaje vidljiva i tako se može prenjeti na tiskovnu podlogu. Kod takvog načina otiskivanja slika se stvara svaki put iznova, neovisno o broju ponovljenih otisaka što znači da svaki otisak može biti različit i personaliziran. [1]

Elektrofotografija je danas česta tehnika digitalnog tiska koja se koristi i u uredskom poslovanju. Da bi se izvršio prijenos tonera unutar tiskarskog stroja potrebno je zadovoljiti dva uvjeta:

- *svjetlosni izvori moraju biti upravljani računalno (mijenjaju se ovisno o podacima iz računala)*
- *spektralna osjetivost fotoreceptora mora biti prilagođena svjetlosnim izvorima*

Fotoreceptor je osnova svakog elektrofotografskog procesa čija je funkcija da se od optičke slike stvori latentna slika koja se transformira u vidljivu tonersku sliku u fazi razvijanja. Formiranje otiska se provodi u 7 faza (sl.1):

1. *Nabijanje fotokonduktorskog bubnja*
2. *Osvjetljavanje fotokonduktorskog bubnja*
3. *Razvijanje fotokonduktorskog bubnja*
4. *Prenošenje tonera s fotokonduktora na tiskovnu formu*
5. *Fuziranje tonera*
6. *Čišćenje fotokonduktora od ostatka tonera*
7. *Brisanje naboja*



Slika 1 – princip rada kserografije [7]

### 2.1.1. Nabijanje fotokonduktora u indirektnoj elektrofotografiji

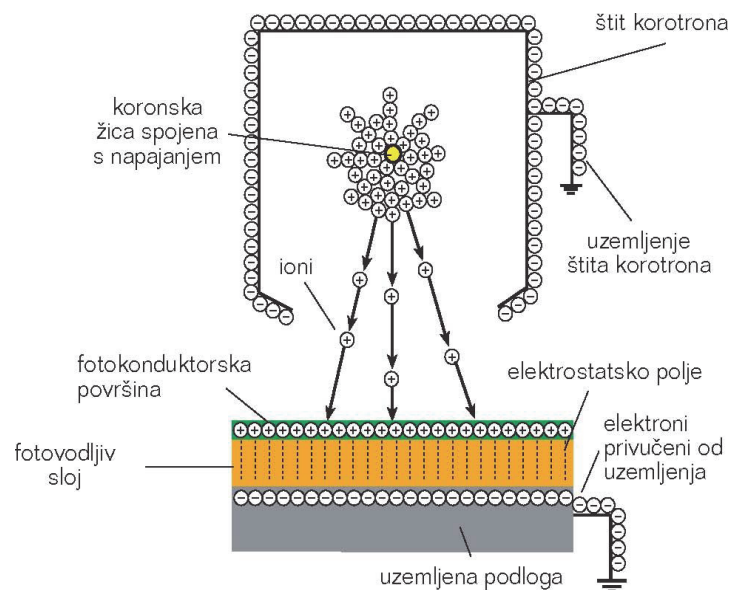
Ukoliko govorimo o indirektnoj elektrofotografiji nastali otisci su veće kvalitete što je temelj primjene u produkcijskom digitalnom tisku. Toner se tako s fotokonduktora prenosi na prijenosni medij nakon čega se prenosi na tiskovnu podlogu. Kod Xerox Versant 2100 prijenosni medij je transferni remen.

Na početku svakog elektrofotografskog procesa na površini fotokonduktora se stvara kontrolirani električni potencijal. Bitni parametri u stvaranju potencijala su: primjenjeni površinski naboj, debljina vodljivog fotokonduktorskog sloja, i dielektrička konstanta fotoreceptorskog sloja. Potencijal koji nastaje na površini fotokonduktora proporcionalan je naboju stvorenom na koroni. Osim korone nabijanje se može izvršiti i valjkom za nabijanje.

Kod pozitivskog nabijanja u elektrofotografiji fotokonduktorski bubanj izložen je djelovanju korotrona ili dikotrona, te rotira konstantnom brzinom. Površina fotokonduktora premazana je fotopoluvodičkim slojem. Za pozitivno nabijanje fotokonduktora koriste se *korotroni* koji su izrađeni od tanke platinaste pozlaćene ili wolframove žice koja je spojena na napajanje (Power Supply).



Kod aktivacije jedinice osnovnog napajanja korona se nabija visokim naponom (cca 1200 V). Između uzemljenog metalnog kućišta i korone stvara se jako elektrostatsko polje pri čemu se elektroni gibaju u smjeru površine kućišta. Pozitivno nabijena korona privlači elektrone koji se pritom sudaraju sa molekulama zraka koje postaju pozitivni ioni. Proces ionizacije traje sve dok se okolina korone ne zasiti pozitivnim ionima. Na kućištu korotrona nalazi se otvor kroz koji prolaze samo oslobođeni ioni koji putuju u smjeru fotokonduktora (sl.2).

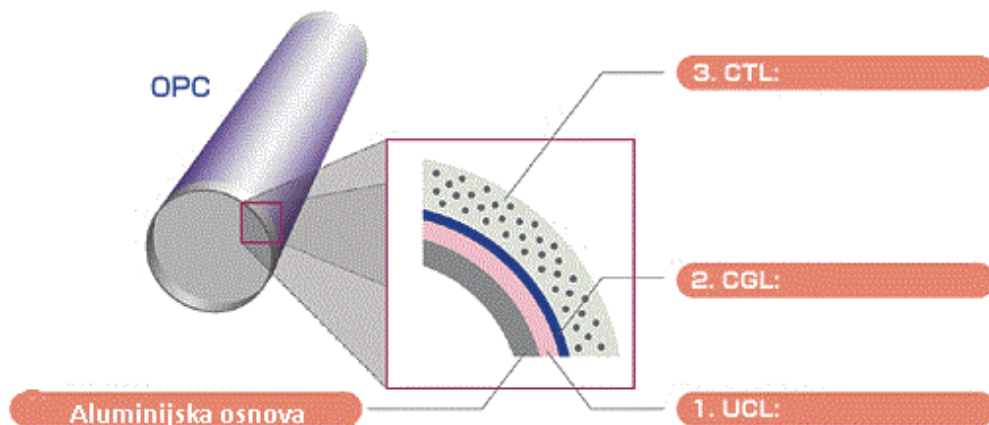


Slika 2 – princip pozitivskog nabijanja fotokonduktora [3]

Viši potencijal na površini fotokonduktora izaziva veću spektralnu osjetljivost. Zato Xerox Versant vrši nabijanje na OPC (Organic Photoconductor) fotokonduktorima. U sloju za stvaranje naboja prisutni su i svjetloosjetljivi pigmenti kojima se smanjuje spektralna osjetljivost na sigurno područje laserskog zračenja. Anorganski fotokonduktori imaju veću mehaničku otpornost, ali su temperaturno nestabilni što direktno utječe na neujednačenost naboja pa su sve manje u upotrebi.

Na slici 3 prikazan je presjek OPC fotoreceptora koji omogućuje brzinu otiskivanja do 100 araka (A4) papira u minuti. Osnova je građena od aluminijske. UCL (Under Coating Layer) sloj sprječava utjecaj podloge (preventing injection from the substrate), dok se u CGL sloju generira naboj prilikom svakog osvjetljavanja (sl.3). CTL sloj je vanjski sloj fotoreceptora koji ima dobra mehanička svojstva i smanjuje

trenje između fotoreceptora i transfernog remena te na površinu dovodi pozitivni napon iz CGL sloja koji neutralizira negativan naboj. [7]



Slika 3 – OPC Fotoreceptor[7]

### 2.1.2. Osvjetljavanje fotokonduktora

Osvjetljavanje je proces u kojem se mijenjanju naponi na fotokonduktoru (najčešće neutraliziraju). Kompjuterski podaci ili originalni dokument se projiciraju na fotokonduktor. Ovisno o načinu nabijanja fotokonduktorske površine razlikuju se negativsko osvjetljavanje CAD (Charged Area Development) i pozitivsko DAD (Discharged Area Development) osvjetljavanje. Za CAD osvjetljavanje osnovni preduvjet je pozitivno nabijena površina fotokonduktora, a za DAD negativno nabijena površina fotokonduktora.

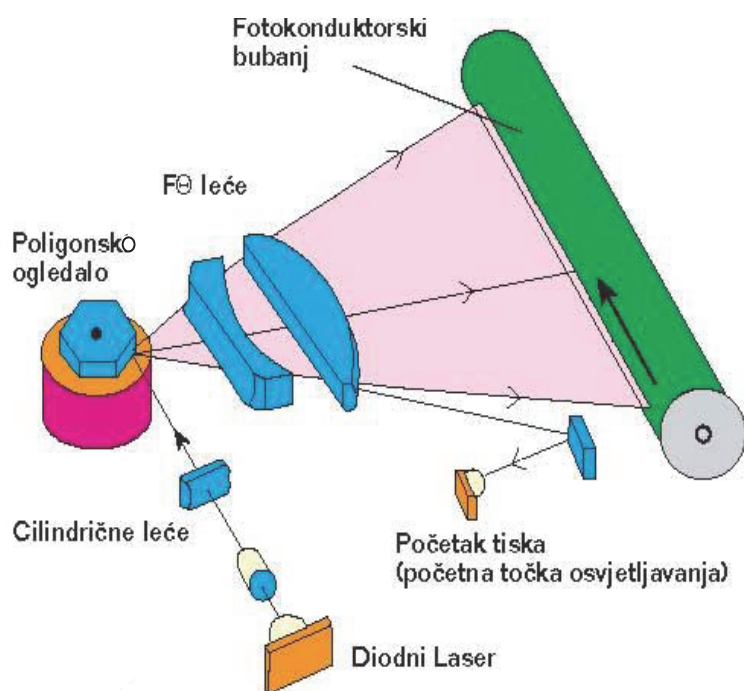
Kod pozitivskog osvjetljavanja budući tiskovni elementi se osvjetljavaju, a intenzitet laserskog zračenja je moguće modulirati. Različit elektrostatski potencijal tiskovnih elemenata u tijeku razvijanja pretvara se u različite gustoće obojenja. Time je omogućena dobra rasterska reprodukcija jer su formirani tiskovni elementi vrlo mali.

U odnosu na primjenjenu tehnologiju koja se koristi u fazi neutralizacije fotokonduktora Xerox Versant 2100 koristi *ROS (Raster Optical Scanners) tehnologiju na bazi „rasterskih optičkih skenera“*

ROS princip osvjetljavanja primjenjuje laserski izvor, spojen na akustičko-optički modulator. Poluvodički laseri, odnosno laserske diode koje je moguće direktno

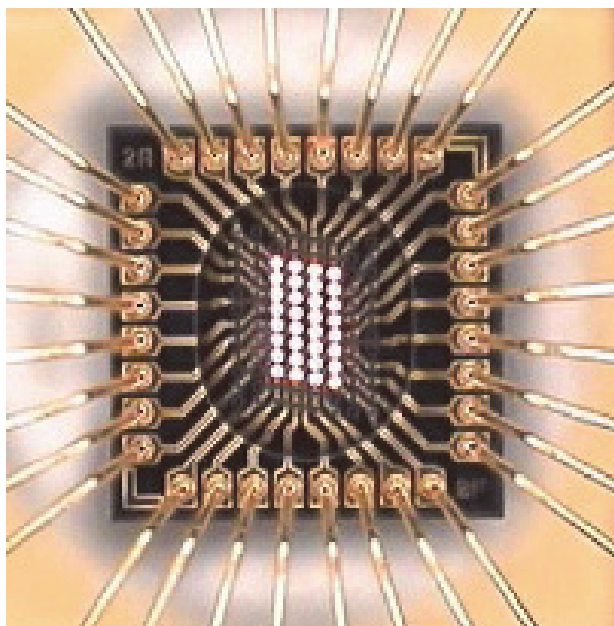
modulirati zamijenili su nekadašnje plinske lasere. Ova tehnologija primjenjiva je u konstrukciji manje kvalitetnih stolnih laserskih printera. Konstrukcije ROS ispisnih laserskih glava moguće je razlikovati kao:

- ROS ispisne glave s jednom ispisnom zrakom
- ROS ispisne glave s više ispisnih zraka



Slika 4 – primjer konstrukcije laserskih glava baziranih na ROS tehnologiji [3]

U konvencionalnim ROS laserskim glavama za projiciranje jednog rasterskog elementa najčešće se primjenjuju dva svjetlosna izvora (600 dpi). Fuji Xerox koristi VCSEL ROS (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser Diode) tehnologiju osvjetljavanja. Kod takve tehnologije izvor svjetlosnog zračenja umnožen je na 32 laserske diode smještene vertikalno u poluvodičkom laseru (sl.5). VCSELs glava tako ima lasere poredane okomito na fotoreceptor što smanjuje potrošnju električne energije, a ispisna rezolucija je povećana na 2400 dpi. Primjenom ovakvih elektrofotografskih glava također je omogućena i veća brzina otiskivanja (100 araka u minuti). [3]



Slika 5 – Uvećani prikaz VCSEL ROS ispisne glave [7]

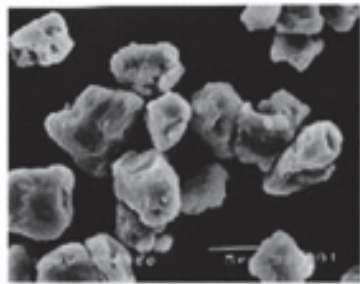
### **2.1.3. Razvijanje fotokonduktora**

Nanošenjem tonera na latentnu sliku dobivamo vidljivu tonersku sliku koja će se prenjeti na podlogu. Toneri su obojane nabijene čestice prilagođene za prenašanje na podlogu. Ovisno o agregatnom stanju tonera (praškasti, tekući), prilagođava se i konstrukcija elektrofotografskog stroja. Tako razlikujemo *elektrofotografiju* baziranu na *praškastim tonerima (kserografija)* i *elektrofotografiju tekućim tonerima*.

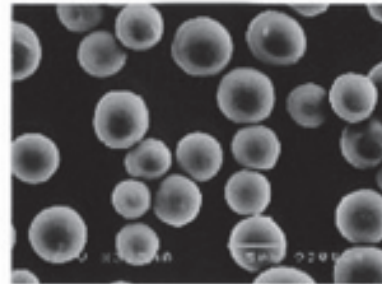
Prema sastavu tonera mijenja se i konstrukcija uređaja za razvijanje. U kserografiji se koriste jednokomponentni i dvokomponentni razvijачki sustavi. Načelno, u oba sustava je potrebno nabiti čestice tonera (nositelje tonera) određenim nabojem kako bi se toner usmjerenom kretao u smjeru latentne tiskovne forme.

Xerox Versant 2100 koristi EA (emulzijsko agregacijski) suhi toner niskog tališta. Za razliku od konvencionalnih tonera koji se proizvode usitnjavanjem sirovina, EA-HG toneri su proizvedeni metodom emulzijske agregacije kojom pigment i vezivo formiraju čestice konačnog tonera (sl.7). Takav tip tonera ponekad se naziva i kemijski toner. U procesu kserografije visoko kvalitetni kolorni otisci se generiraju primjenom procesnih boja (CMYK). Kontrolom kemijskih reakcija stvaraju se čestice manjih

dimenzija i identičnih oblika (sl.6). Ovakav toner je ekološki prihvatljiviji zbog manje emisije ugljikovog dioksida (65% manje nego kod konvencionalnih tonera).

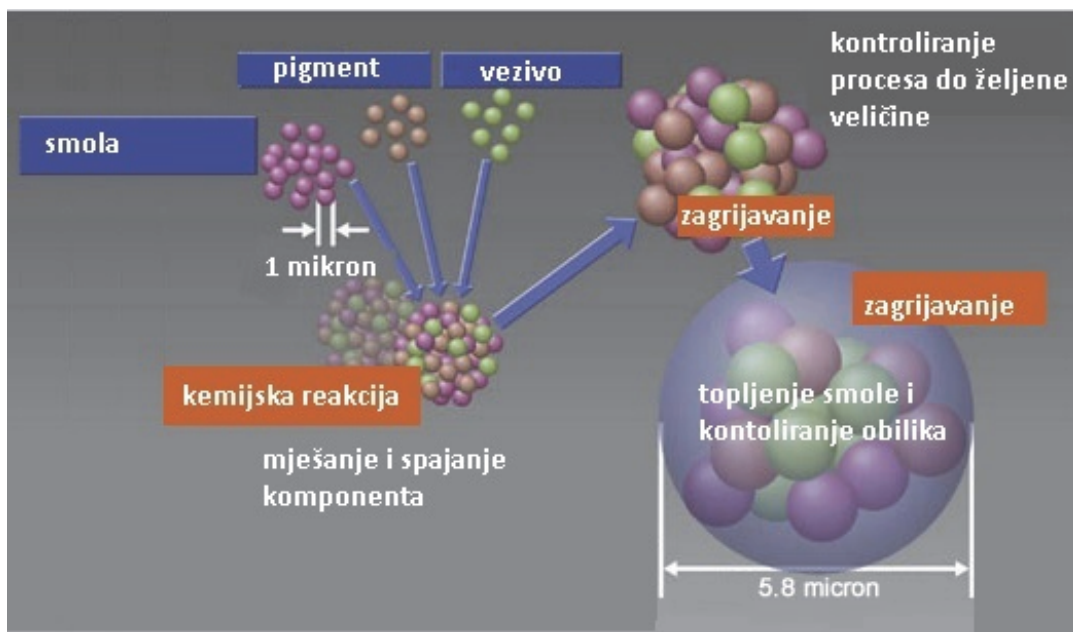


**konvencionalni toner**



**EA-HG toner**

*Slika 6 – Razlika konvencionalnog i EA tonera [7]*



*Slika 7 – Struktura i sastav EA tonera [7]*

Xerox Versant 2100 primjenjuje dvokomponentno razvijanje. U dvokomponentnom razvijanju toner je smjesa magnetskih nosećih čestica i tonerskih čestica, a poznat je pod nazivom razvijač. Nositelji tonera su od magnetizirajućih metala kao što su željezo ili čelik veličina oko 120  $\mu\text{m}$ . Točna pozicija tonerske slike osigurana je jakim elektrostatskim poljem između fotokonduktora i tonerskih čestica.

Razvijanje dvokomponentnog tonera je složeni proces i najčešće se koriste sljedeće tri konstrukcije:

- *magneti koji su unutar valjka omogućuju razvijanje magnetskom četkom*
- *osnovni dio stroja je kućište u kojem se vrši mješanje s lopatastim valjkom*
- *TonerJump jedinica za razvijanje (na početku razvijачkog procesa nalazi se tonerska kutija u kojoj se nalazi kontrolirana razina tonera, a potrošeni toner se nadopunjava iz dodatnih spremnika)*

U beskontaktnom razvijanju, jednoličan sloj tonera prenosi se s razvijачkog valjka na fotokonduktor. Dodatni uređaj za napajanje distribuira izmjeničnu struju i održava elektrostatski potencijal koji je potreban da bi se toner mogao kretati kroz zračni međuprostor. Razvijачki valjak je u kontaktu s valjkom za hvatanje čestica nositelja koji spriječava unos većeg broja čestica nositelja na površinu fotoreceptora. Čestice tonera koje nisu iskorištene vraćaju se u jedinicu za miješanje. Pomoću magnetskog valjka za čišćenje sakuplja se sveukupan ostatak dvokomponentne mješavine. U potpunosti se održava čistoća površine razvijачkog valjka.

U procesu otiskovanja vrši se bočno razribavanje spiralnim valjkom da nebi došlo do neujednačene koncentracije čestica tonera. Spiralni valjak aksijalnim gibanjem raspoređuje nositelje tonera jednoliko po cijeloj površini valjka. Toner koji nije iskorišten pri formiranju slike uklanja se vakuumskom pumpom koja je smještena kraj fotoreceptora.

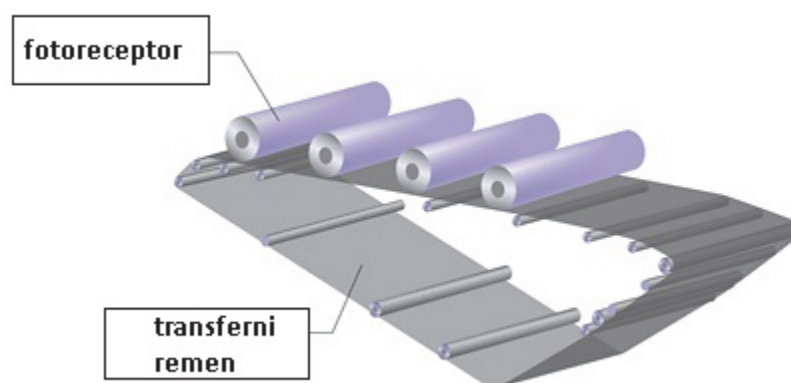
#### ***2.1.4. Prijenos tonera***

Nakon razvijanja sliku formiranu na fotokonduktoru potrebno je prenijeti na podlogu (papir). U elektrografiji prijenos nekog motiva na podlogu može se provesti na dva načina: *direktnim* i *indirektnim transferom*.

Xerox Versant koristi indirektni princip prijenosa tonera. Kod ovakvog otiskivanja tiskovna podloga nije u direktnom dodiru s fotokonduktorom, već se kontakt izvodi posredstvom prijenosnim medijem. Kako bi se toner prenio na podlogu potrebno je prvo nanjeti isti na površinu prijenosnog medija. Toner se prenosi na podlogu preko

specijalnih medija koji mogu biti u obliku beskonačnog remena ili kao navlaka na prijenosnom cilindru

U ovom elektrofotografskom stroju koristi se tehnologija beskonačnog remena (Seamless Intermediate Belt Transfer) (sl.8). Beskonačni remen se upotrebljava kada nije moguć klasični prijenos tonera, već se prenosi pritiskom gumenog silikonskog remena. Pritom se čestice tonera zadržavaju na remenu adhezivnim silama koje moraju biti jače od elektrostatskih sila na fotokonduktoru. Toner se na silikonskom pojasu zagrijava što ga čini pastoznim i u tom stanju se otiskuje na papir. Da bi se održala što manja temperatura remena te da bi se spriječilo naglo hlađenje tonera tijekom tiska, zagrijava se papir.



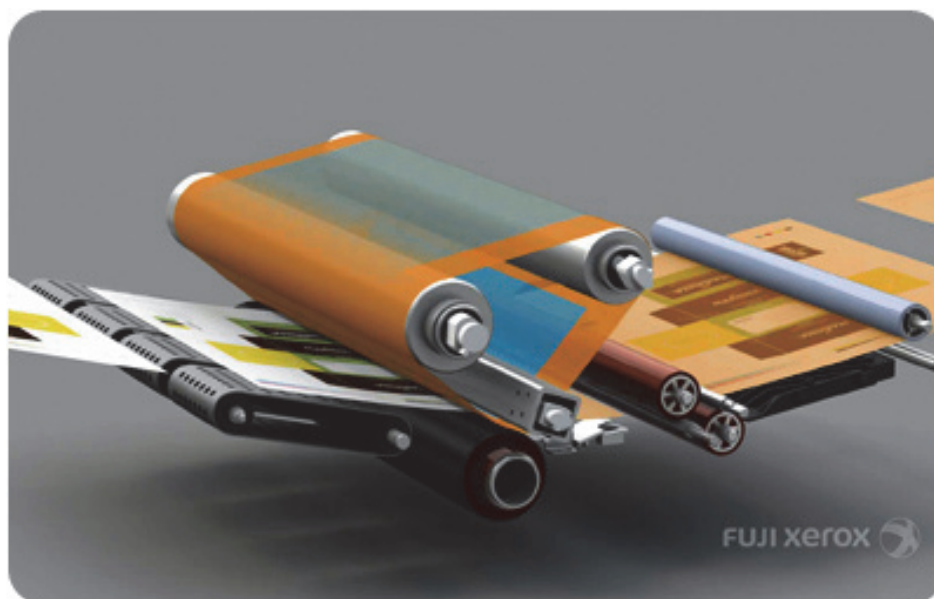
Slika 8 – Shematski prikaz transfera pomoću beskonačnog remena [7]

### 2.1.5. Fuziranje tonera

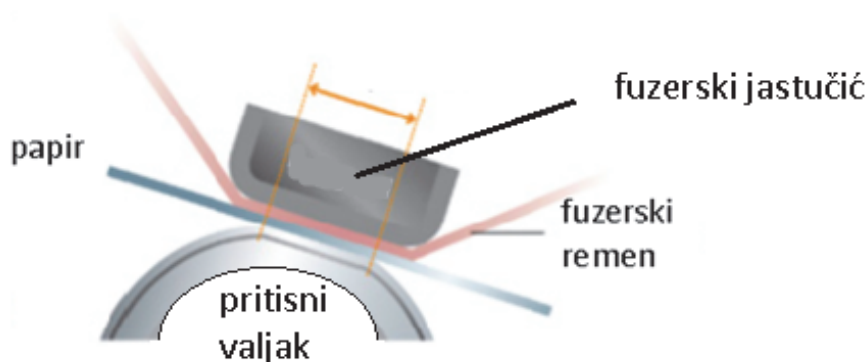
Kada je toner privremeno prenešen na podlogu (pomoću elektrostatskih), sila veza nije potpuno stabilna i nije otporan na mehančko otiranje. Zbog toga je potrebno dodatno fiksiranje čestica tonera na papir pomoću uređaja koji se nazivaju fuzeri.

Najčešće su u upotrebi fuzeri koji primjenjuju proces uprešavanja uz pomoć IR zračenja. Noviji uređaji za fuziranje primjenjuju tehniku takozvanog toplog fuziranja. To se može izvršiti jer su toneri građeni od termoplastičnog, polimernog materijala koji zagrijavanjem mijenja svoje agregatno stanje. Zagrijavanjem do 160 °C toner mijenja svoje agregatno stanje iz krutine u talinu od koje nastaje pasta koja se na kraju pretvara u tekućinu.

*Xerox Versant 2100* koristi takozvani fuzerski remen, engl. belt fuzer (sl.9). Takav tip fuzera omogućuje održavanje stalne temperature. Traka je u neposrednom kontaktu sa papirom i donjim grijačem koji ima ravnu podlogu. Tako je površina kontakta papira i fuzerskog remena veća nego kod primjene fuzerskog valjka (sl.10). Kada remen „fuzira“ ostvaruje otisak na papiru fuzerska traka se hladi zbog same temperature podloge. Konstantna temperatura remena održava se sa dodatna dva grijača valjka koji se zagrijevaju tijekom rotacije remena oko tri pogonska valjka.



*Slika 9 – fuzerski remen (Xerox Versant 2100) [7]*



*Slika 10 – segment zone fuziranja povećan uslijed djelovanja fuzirajućeg jastučića [7]*



### 2.1.6. Čišćenje fotokonduktora

Nakon procesa otiskivanja na površini fotokonduktora zaostaje napon virtualne tiskovne forme zajedno s ostacima tonera koji se nije prenio na prijenosni medij, odnosno na tiskovnu podlogu. Prije novog oslikavanja potrebno je provesti čišćenje površine fotokonduktora koje se provodi u dvije faze:

- *brisanje napona virtualne tiskovne forme*
- *skidanje ostatka tonera s fotokonduktora*

Čestice tonera koje se nisu prenjele s tonerske slike na papir slabim elektrostatskim silama zadržane su na fotokonduktorskoj površini, te se ista površina izlaže djelovanju svjetlosnih izvora, kako bi se toner lakše uklonio. Tijekom osvjetljavanja dolazi do neutralizacije fotokonduktorske površine te nastaje jako elektrostatsko polje (formirano nabijanjem i osvjetljavanjem laserom).

Nakon brisanja naboja čestice tonera se mehanički skidaju s površine fotokonduktora (sl.11). Rakel za čišćenje tonera ima dva sloja da bi se spriječila 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 11 – jedinica za čišćenje [7]

## 2.2. Papiri za digitalni tisak

Papiri za elektrofotografski način otiskivanja moraju imati veći površinski električni otpor i u svom sastavu ne smije sadržavati puno vlage. Toner se u ovoj tehnici tiska prenosi na površinu papira nabijanjem papira pa je prijenos tonera bolji ako je veći naboj papira. Prevelika vlažnost uzrokuje rasipanje električnog naboja prije samog nanosa tonera.

Sastav i količina punila isto tako utječu na električnu provodljivost papira. Kao i kod konvencionalnih tehnika na kvalitetu tiska utječu opacitet, bjelina, glatkost i sastav papira. Za digitalni tisak preporučuju se papiri rađeni iz primarnih vlakana.

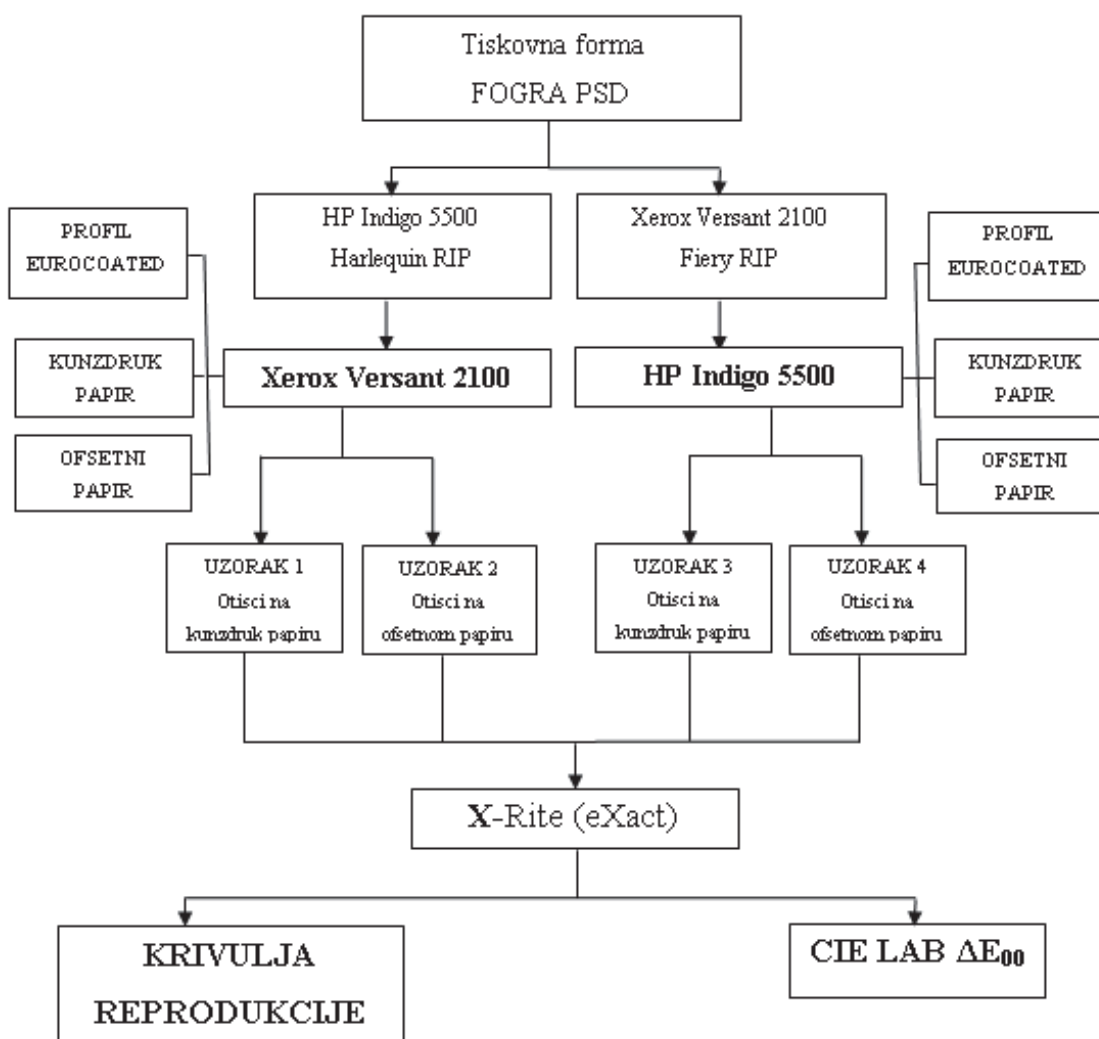
Procesom fiksiranja tonera papir mora podnijeti visoke temperature (do 300°C) i ne smije presušiti. Kod nižih gramatura (60-105g/m<sup>2</sup>) takve temperature mogu prouzročiti valovljenje papira, a kod viših gramatura povećava se krutost papira te je otežan prolazak kroz stroj. [2]

### 3. PRAKTIČNI DIO

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

Da bi se izvršila komparativna analiza dvaju EP strojeva potrebno je otisnuti istu tiskovnu formu. Za potrebe ovog rada korištena je standardna FOGRA PSD forma. Prilikom otiskivanja na HP Indigu 5500 forma je RIP-ana Harlequin RIP-om, a kod Xerox Versanta 2100 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  $\Delta E$ .

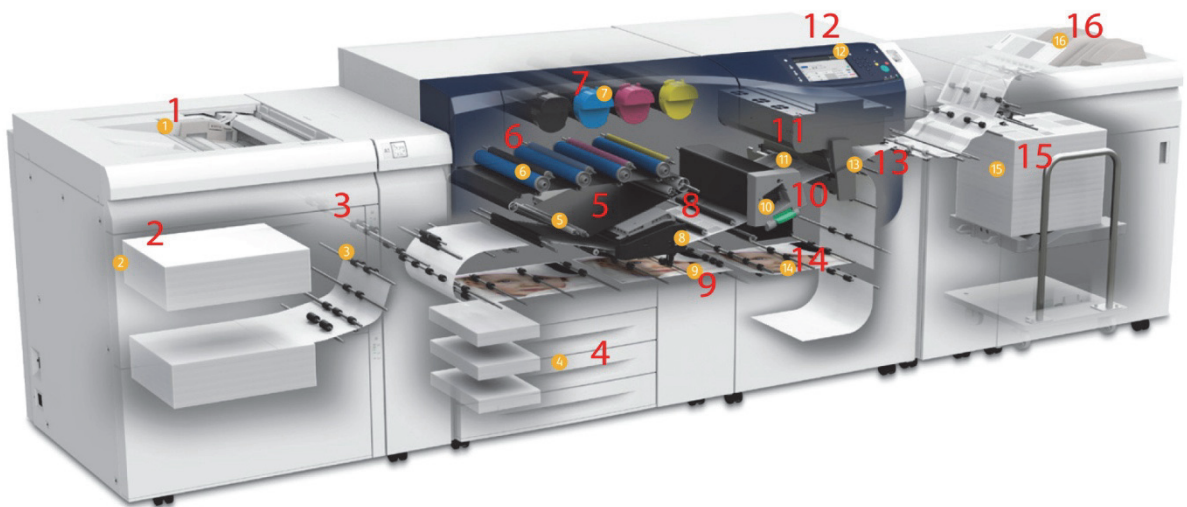


Slika 12- shema izvršenog eksperimenta

### 3.2. Xerox Versant 2100 Press

Danas su najvažniji proizvođači elektrofotografskih strojeva Indigo, Nexpress, Xerox i Xeikon. Svi njihovi modeli primjenjuju isti princip otiskivanja koji se temelji na pojavi unutarnjeg fotoelektričnog efekta.

Trenutno aktualna Xerox-ova tehnologija otiskivanja vrši se na Versant 2100 elektrofotografskim tiskarskim strojevima (sl.13).



Slika 13 – dijelovi stroja [8]

- |                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1. Dodatni ulagač            | 9. Kretanje papira               |
| 2. Ulagač visokog kapaciteta | 10. Modul za hlađenje            |
| 3. Poravnavanje araka        | 11. Senzor linijskog poravnanja  |
| 4. Modul za ulaganje papira  | 12. Komandna konzola             |
| 5. Transferni remen          | 13. Ravnanje papira              |
| 6. Fotoreceptori             | 14. Visoko definirana rezolucija |
| 7. Sustav suhog tonera       | 15. Visoko kapacitetni izlagač   |
| 8. Fuzerski remen            | 16. Izlagača ladica [5]          |

### 3.2.1 Specifikacije

Radni ciklus: 660,000

Srednja vrijednost broja otisaka na mjesec: 75.000 – 250.000

Maximalni format: 330x488mm

Minimalni format: 139x182

Maksimalni format otiska: 326x482

Tablica 1 – brzina otiskivanja

Format	Gramatura [g]	listova/min
A3	52-300	52
A4	52-300	100
A3	301-350	44
A4	301-350	80

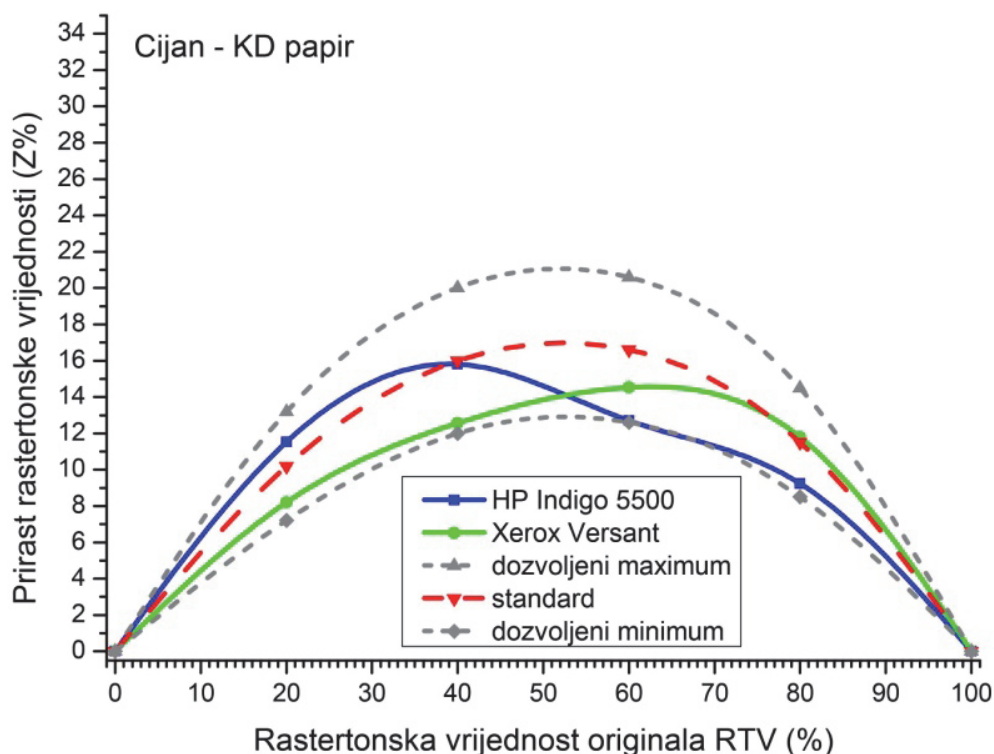
- Automatizirana je kontrola boja, kreiranje profila za poravnanje otiska, upravljanje bojama u manje vremena i s manje neupotrebljivih otisaka uz integriranu Full Width Array funkciju
- Održavanje točne registracije tijekom tiskanja, od stranice do stranice i od posla do posla uz pomoć Production Accurate Registration tehnologije
- Ultra HD Resolution omogućuje bolju kvalitetu otiska
- Aplikacije su renderirane na 1200 x 1200 dpi do 10 bita (300 posto više piksela i preciznosti boje u odnosu na 600 x 600 dpi standard)
- Koristi EA Dry Ink toner; osigurava konzistentnost boje na više pisača i stranica
- Tri opcije kontrolera - Xerox EX i EX-P 2100 Print Server, Powered by Fiery, te Xerox FreeFlow Print Server
- Podržava ispis na raznim medijima uključujući lan, poliester, vinil magnet i specijalne medije

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Upotreba elektrofotografskih strojeva u grafičkoj tehnologiji postaje sve značajnija. Takvi strojevi se danas koriste za manje naklade (tisak na zahtjev i personalni tisak). Kod takvih grafičkih strojeva kvaliteta otiska mora biti visoka, pa ih zbog toga treba pratiti. Elektrofotografija je relativno novi način otiskivanja i još ne postoje svi definirani standardi te se otisci najčešće uspoređuju sa litografskim ofsetom.

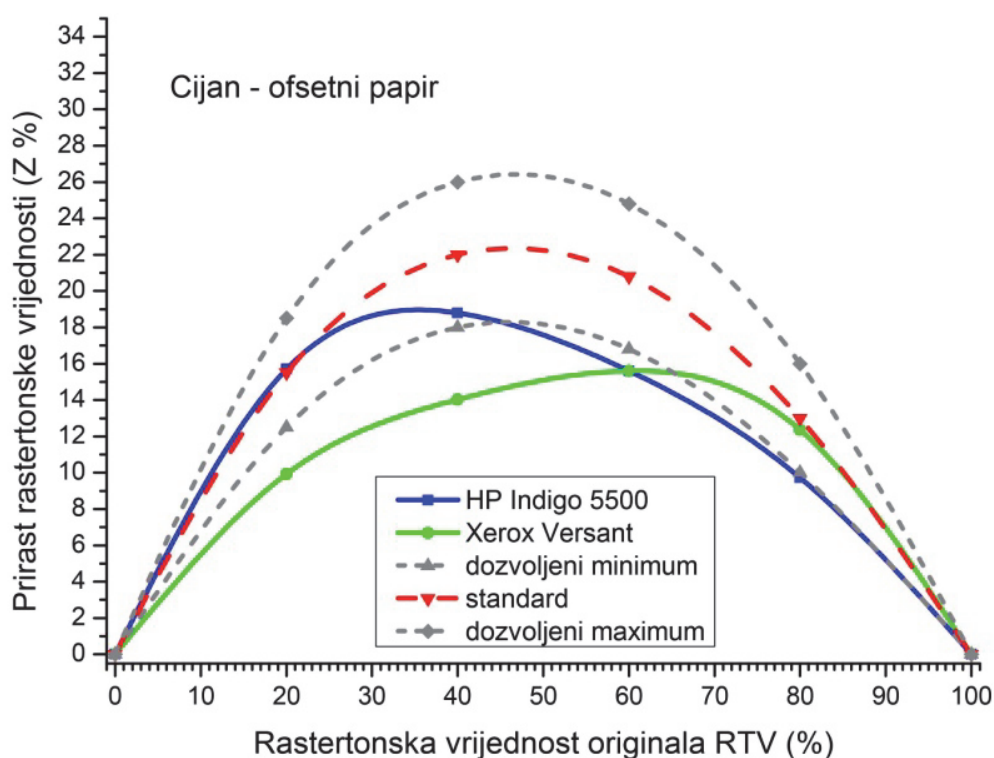
### 4.1. Denzitometrijska kontrola (krivulja prirasta)

Na sljedećim slikama (14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21) su prikazane i uspoređene krivulje prirasta otisaka elektrofotografskih strojeva *Xerox Versant 2100* i *HP Indigo 5500* na papiru za umjetnički tisak i na ofsetnom papiru. Na istim grafovima vidljiva je tako ovisnost prirasta rastertonske vrijednosti (Z%) i rastertonske vrijednosti originala RTV za procesne boje.



Slika 14 – Krivulja reprodukcije cijan otisaka na papiru za umjetnički tisak

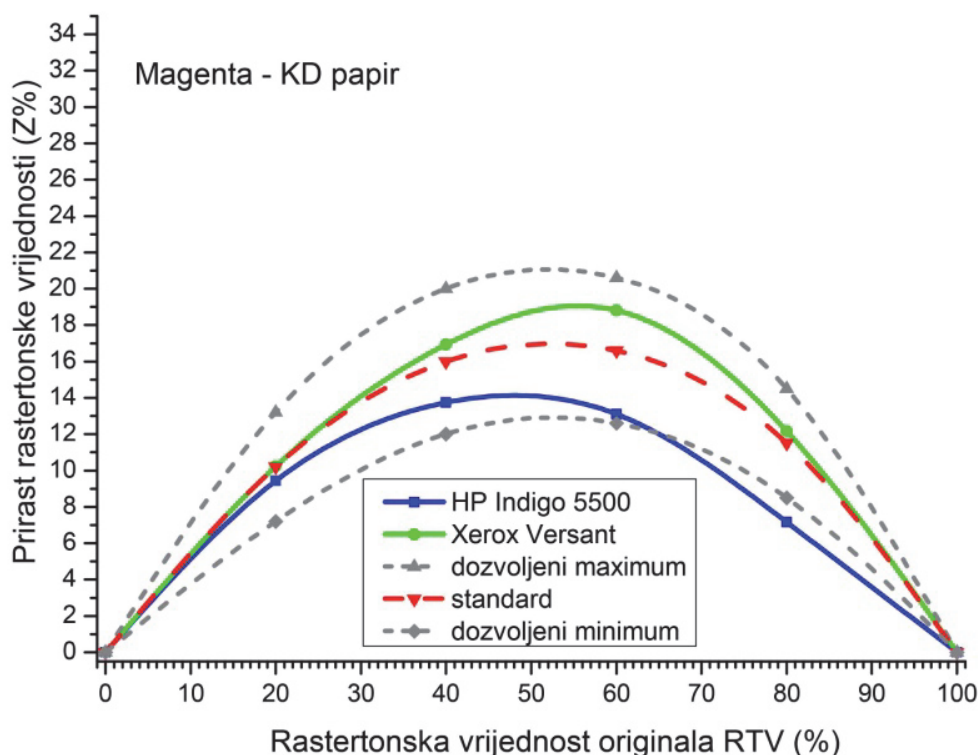
Krivulje prirasta otisaka cijan separacije na papiru za umjetnički tisak i elektrofotografskih strojeva Xerox Versant 2100 i HP Indigo 5500 nalaze se unutar dozvoljenih granica standarda za ofsetni tisak. U odnosu na ofsetni standard otisak HP Indiga u području 20% RTV ima veći prirast za  $\Delta Z_{20\%}=1,33\%$ , dok Xerox Versant ima manji prirast za  $\Delta Z_{20\%}=2\%$ . Na 40% RTV prirast otiska za HP-ov stroj je gotovo jednak standardu, dok je prirast otiska Xeroxa manji od standarda za  $\Delta Z_{40\%}=3,34\%$ . U području viših tonskih vrijednosti otisak cijan separacije Xerox-a je bliži standardu, a HP-ov otisak prati minimum standarda. Tako je na 60% RTV otisak HP-a identičan minimumu standarda, a prirast otiska Versanta manji za  $\Delta Z_{60\%}=2,07\%$ . U najvišim vrijednostima RTV-a za cijan separaciju na papiru za umjetnički tisak otisci Xerox Versat stroja prate ideal standarda, a otisci HP Indiga su nešto viši od minimuma standarda (sl.14).



Slika 15 - Krivulja reprodukcije cijan otisaka na ofsetnom papiru

Na ofsetnom papiru krivulja reprodukcije Xerox Versanta 2100 za otiske cijan separacije ne prati krivulju ofsetnog standarda sve do  $\frac{3}{4}$  rastertonskih vrijednosti gdje se ostvaruje dozvoljena razlika koja iznosi  $\Delta Z_{80\%}=0,67\%$ . Za HP-a prirast je veći i iznosi  $\Delta Z_{80\%}=3\%$  što je u granicama standarda (minimum). U odnosu na dozvoljeno

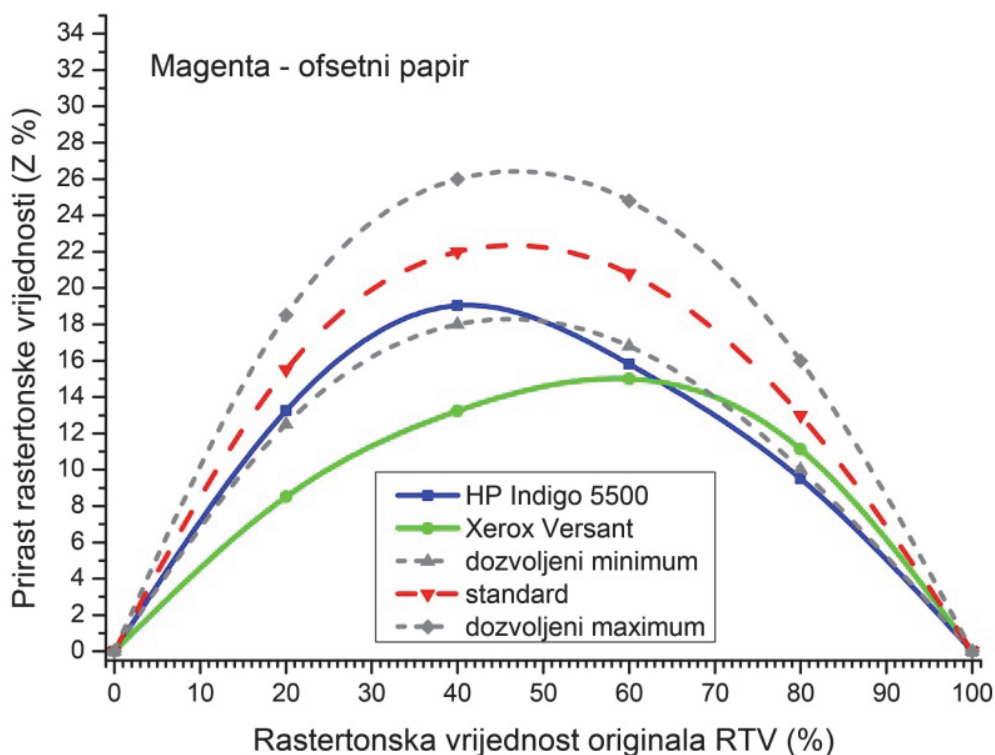
odstupanje standarda (na 20% RTV-a) prirast otiska Xerox-ovog stroja je manji za  $\Delta Z_{20\%}=5,57\%$ , dok otisak HP Indiga ima jednak prirast. Na 40% RTV-a prirast Versantovog otiska je manji od ideala standarda za  $\Delta Z_{40\%}=7,97\%$ , a prirast HP-ovog stroja manji tek za  $\Delta Z_{40\%}=3,2\%$ . Krivulja Xerox Versanta i krivulja HP Indiga sjeku se u točki koja odgovara prirastu na 60% RTV. Ona iznosi  $Z_{60\%}=15,6\%$  što je manje od standarda za  $\Delta Z_{60\%}=5,2\%$  (sl.15).



Slika 16 - Krivulja reprodukcije magentinih otisaka na papiru za umjetnički tisak

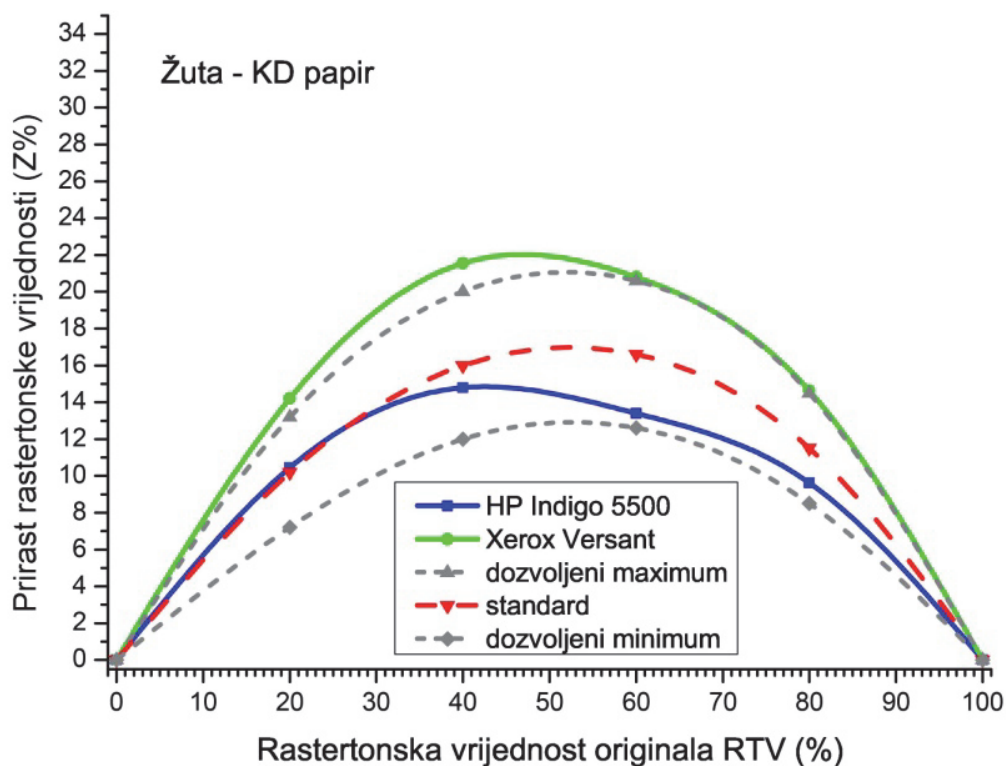
Na papiru za umjetnički tisak prirast Xerox Versant otiska magente poklapa se sa standardom za ofsetni tisak na 20% RTV-a. U istom području prirast HP-ovog stroja manji je tek za  $\Delta Z_{20\%}= 0,8\%$ . Na 40% RTV prirast Xerox-ovog otiska je veći od standarda za  $\Delta Z_{40\%}= 0,93\%$ , a prirast otiska HP-a manji za  $\Delta Z_{40\%}= 2,27\%$ . Na 60% RTV razlika u prirastima ispitanih strojeva se povećava pa je prirast veći za  $\Delta Z_{60\%}= 0,8\%$  (Versant), odnosno manji za  $\Delta Z_{60\%}= 3,5\%$  (HP indigo). Prirast tamnijih rastertonskih područja HP-ovog magenta otiska će na premazanom papiru biti manji od minimuma dozvoljene tolerancije standarda za  $\Delta Z_{80\%}= 1,34\%$ , dok će prirast otiska Xerox-a nešto veći od standarda  $\Delta Z_{80\%}= 0,66\%$  (sl.16).





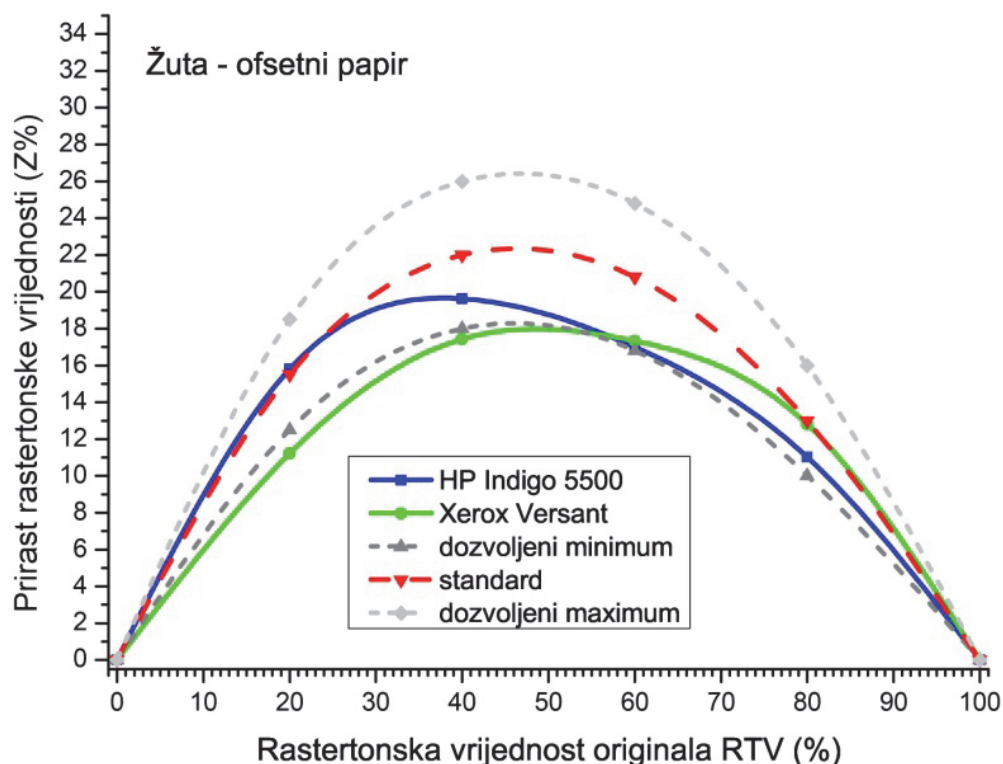
Slika 17 - Krivulja reprodukcije magentinih otisaka na ofsetnom papiru

U najnižim magentinih tonskim vrijednostima (20% RTV-a) otisci Xerox Versant tiskarskog stroja na ofsetnom papiru su po vrijednosti prirasta puno drugačiji od standarda. Tako se uočava odstupanje od minimalne vrijednosti standarda za  $\Delta Z_{20\%} = -4\%$ , dok će prirast magentinih otisaka HP-a biti unutar granica tolerancija. Na 40% RTV odstupanje prirasta Xerox-ovog otiska od dozvoljenog standarda je  $\Delta Z_{40\%} = 5,77\%$  dok je prirast HP-ovog otiska veći od standardne tolerancije za  $\Delta Z_{40\%} = 1,03\%$ . Na srenjim tonskim vrijednostima Xerox-ov prirast otiska je manji od minimalnih vrijednosti ( $\Delta Z_{60\%} = 1,8\%$ , dok je HP-ov  $\Delta Z_{60\%} = 0,8\%$ ). Tek na višim tonskim vrijednostima vrijednostima RTV-a (80%) Xerox Versant na ofsetnom papiru ostvaruje otisak koji je u granicama tolerancije standarda (manji od standarda za  $\Delta Z_{80\%} = 1,87\%$ ). Prirast HP otiska je niži od standardnog minimuma i iznosi  $\Delta Z_{80\%} = 0,5\%$  (sl.17).



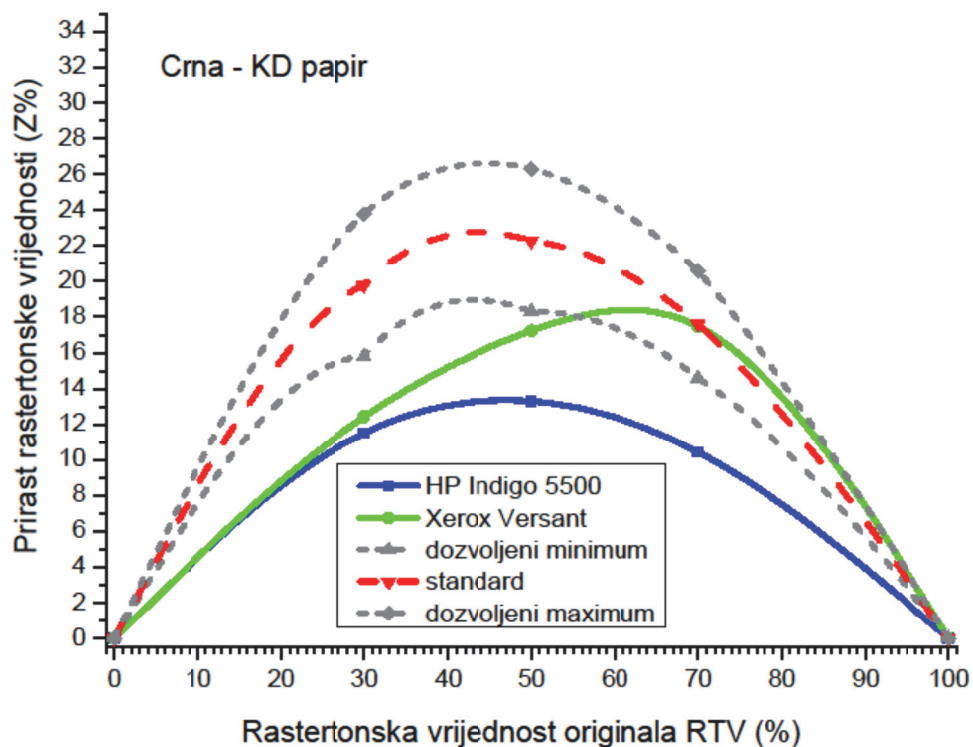
Slika 18 - Krivulja reprodukcije žutih otisaka na papiru za umjetnički tisak

Otisak Xerox Versanta žute separacije na papiru za umjetnički tisak (pokrivenosti od 20% RTV) izmjeren je prirast koji je veći od maksimuma standarda za  $\Delta Z_{20\%}=1\%$ . Na toj maloj pokrivenosti HP-ovog otiska veći je od ideala standarda za  $\Delta Z_{20\%}=0,22\%$ . Za otisak Xeroxa na 40% RTV izmjereni prirast veći je od standarda za za  $\Delta Z_{40\%}=5,56\%$  (iznad maksimuma), dok je za HP prirast manji za za  $\Delta Z_{40\%}=1,2\%$  (od idealne vrijednosti standarda). Na 60% i 80% RTV prirasti otisaka žute na premazanom papiru identični su maksimumu dozvoljenog standarda:  $Z_{60\%}=20,6\%$ ;  $Z_{80\%}=15,5\%$ . Za priraste otisaka HP Indiga vrijedi pravilo da su vrijednošću manji od standarda za  $\Delta Z_{60\%}=3,2\%$ ;  $\Delta Z_{80\%}=1,87\%$  (sl.18).



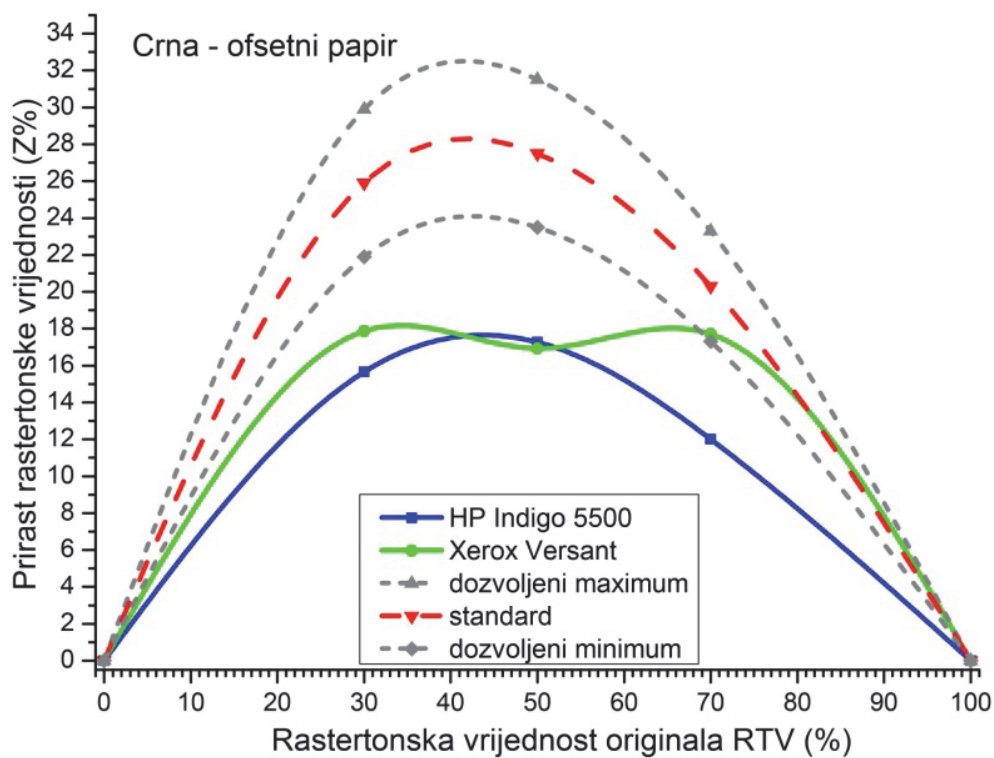
Slika19 - Krivulja reprodukcije žutih otisaka na ofsetnom papiru

Na ofsetnom papiru otisak žute Xerox Versanta će na pokrivenosti od 20% imati prirast manji od minimuma standarda ( $\Delta Z_{20\%}=4,27\%$ ). Prirast otiska HP Indiga gotovo se poklapa sa standardom ( $\Delta Z_{20\%}=0,3\%$ ). Na površini od 40% RTV prirast otiska Versanta se približava minimumu standarda i manji je za  $\Delta Z_{40\%}=4,57\%$  dok je prirast HP-ovog otiska manji od standarda za  $\Delta Z_{20\%}=2,37\%$ . Razlika prirasta u srednjim tonskim područjima (60% RTV) će kod oba stroja biti jako mala (od dozvoljenog standarda Xerox-ov stroj ostvaruje prirast od  $\Delta Z_{60\%}=0,5\%$  . Na 80% RTV prirast Xerox-ovog stroja približio se standardu dok HP Indigo ostvaruje razliku prirasta od standarda za  $\Delta Z_{80\%}=1,77\%$  (sl.19).



Slika 20 - Krivulja reprodukcije crnih otisaka na papiru za umjetnički tisak

Na krivulji reprodukcija crne separacije na papiru za umjetnički tisak može se primjetiti očigledna razlika u niskim tonovima. Xerox Versant otisci su u odnosu na srednje vrijednosti standarda niži za  $\Delta Z_{30\%}=7,37\%$ , dok za HP otisak razlika iznosi  $\Delta Z_{30\%}=8,3\%$ . U srednjim tonskim vrijednostima prirast otiska stroja HP Indigo i dalje je puno manji od minimuma ofsetnog standarda ( $\Delta Z_{50\%}=9\%$ ), dok je prirast otiska Versanta nešto bliži minimalnoj granici standarda ( $\Delta Z_{50\%}=5\%$ ). U višim tonskim vrijednostima (iznad 70%) otisak Xerox-a se gotovo izjednačuje sa ofsetnim standardom, a otisak HP Indiga i dalje odstupa od standarda ( $\Delta Z_{70\%}=7,2\%$ ) (sl.20).

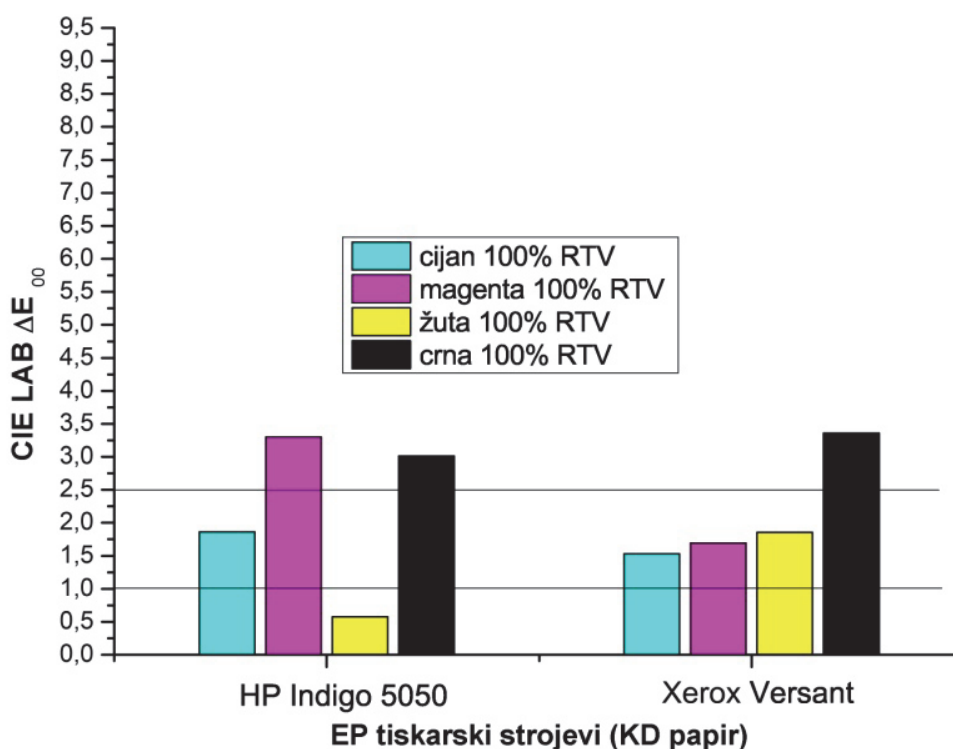


Slika 21- Krivulja reprodukcije crnih otisaka na ofsetnom papiru

Na papiru za ofsetni tisak prirast otiska crne separacije Xerox Versanta manji je od standarda ( $\Delta Z_{30\%}=8\%$ ;  $\Delta Z_{50\%}=10,2\%$ ). Razlika prirasta na 70% RTV ( $\Delta Z_{70\%}=2,6\%$ ) je unutar standarda. Za HP Indigo prirasti otisaka su manji od prirasta otisaka Xerox-ovog stroja. Ipak, prirasti odstupaju od standarda za  $\Delta Z_{30\%}=10,2\%$ ;  $\Delta Z_{70\%}=5,7\%$ . Prirast otiska HP Indiga na 50% RTV nešto je bliži standardu od Xerox-ovog otiska (sl.21).

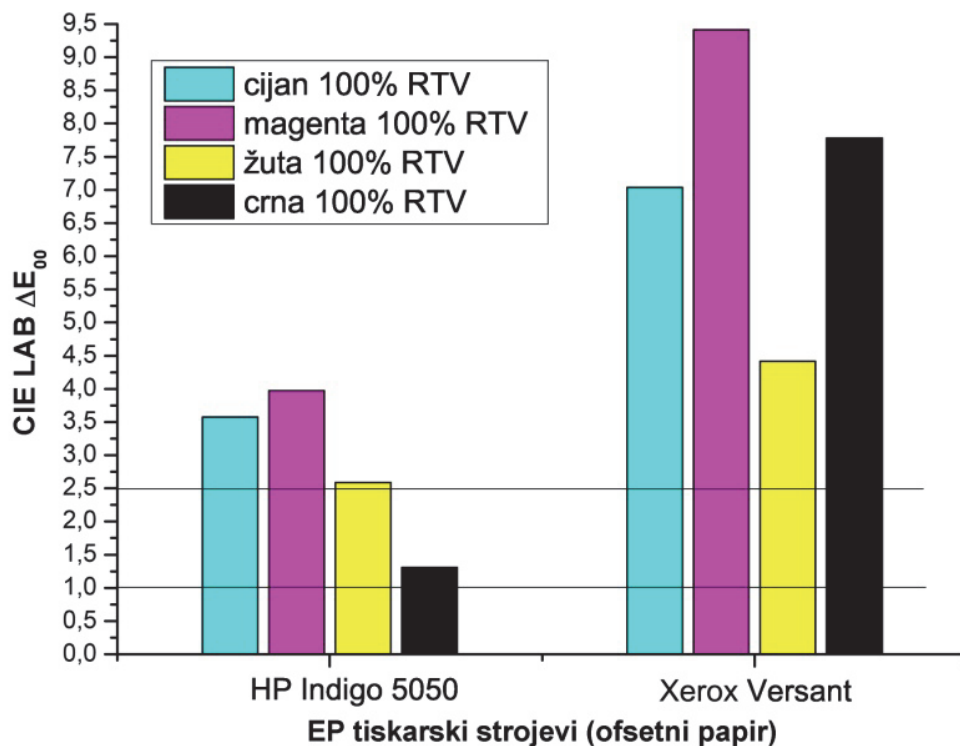
## 4.2. Kolorimetrijska analiza

Osim denzitometrijske kontrole tiska sve češće je u upotrebi kolorimetrijska analiza reprodukcije. Izračunava se 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: *Xerox Versant 2100* i *HP Indigo 5500* na ofsetnom papiru i papiru za umjetnički tisak. Kompariraju se kolorimetrijske razlike otisaka procesnih boja.



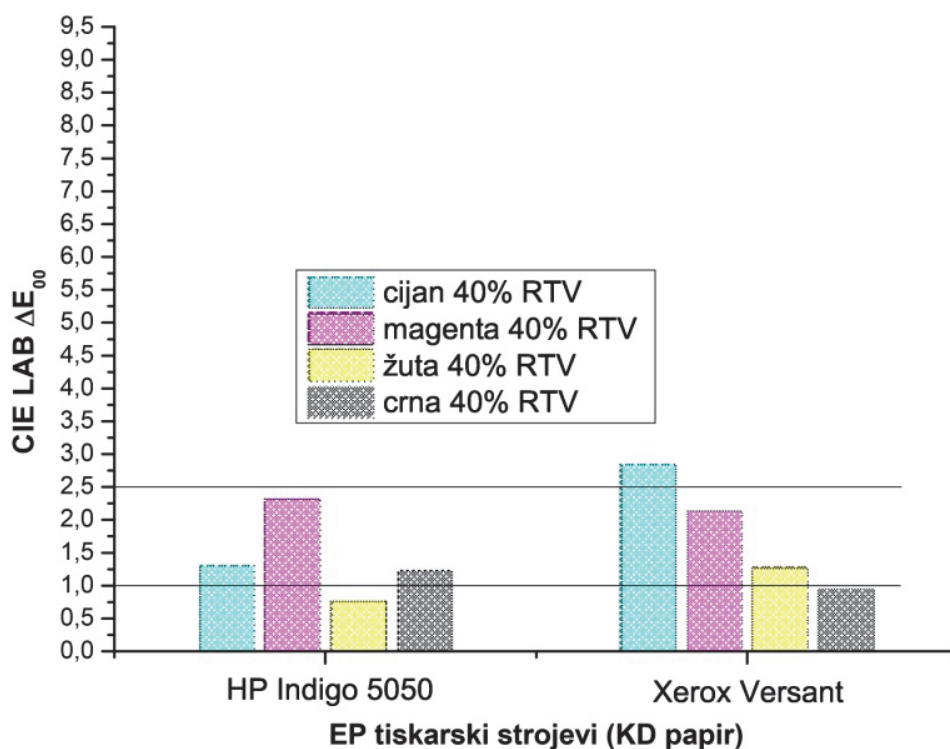
Slika 22- Razlike u obojenju punog tona između elektrofotografskih strojeva HP Indigo 5500 i Xerox Versant 2100 u odnosu na standard za premazani papir (FOGRA 51).

Kod punih tonova najidealnija reprodukcija na premazanom papiru je ostvarena kod HP Indiga 5500 za žuti ton  $\Delta E_{Y-XEROX}=0,57$ . To je okom nevidljiva razlika koja za HP-ov otisak žute iznosi  $\Delta E_{Y-HP}=1,85$ . Xerox-ov stroj najbolje reproducira cijan tonove ( $\Delta E_{C-XEROX}=1,53$ ) koji kod HP-a imaju razliku od  $\Delta E_{C-HP}=1,86$ . Kod HP Indiga magentini tonovi prelaze granicu ljudske percepcije  $\Delta E=2,5$  odnosno za HP Indigo se postiže razlika u obojenju od  $\Delta E_{M-HP}=3,30$ . Kod Xerox-a nastaje bolji otisak ( $\Delta E_{M-XEROX}=1,69$ ). Otisak 100% RTV crne kod oba stroja ne odgovara standardu te se ostvaruje velika kolorimetrijska promjena ( $\Delta E_{K-XEROX}=3,35$ ;  $\Delta E_{K-HP}=3,01$ ) (sl.22).



Slika 23- Razlike u obojenju punog tona između elektrofotografskih strojeva HP Indigo 5500 i Xerox Versant 2100 u odnosu na standard za ofsetni papir (FOGRA 52).

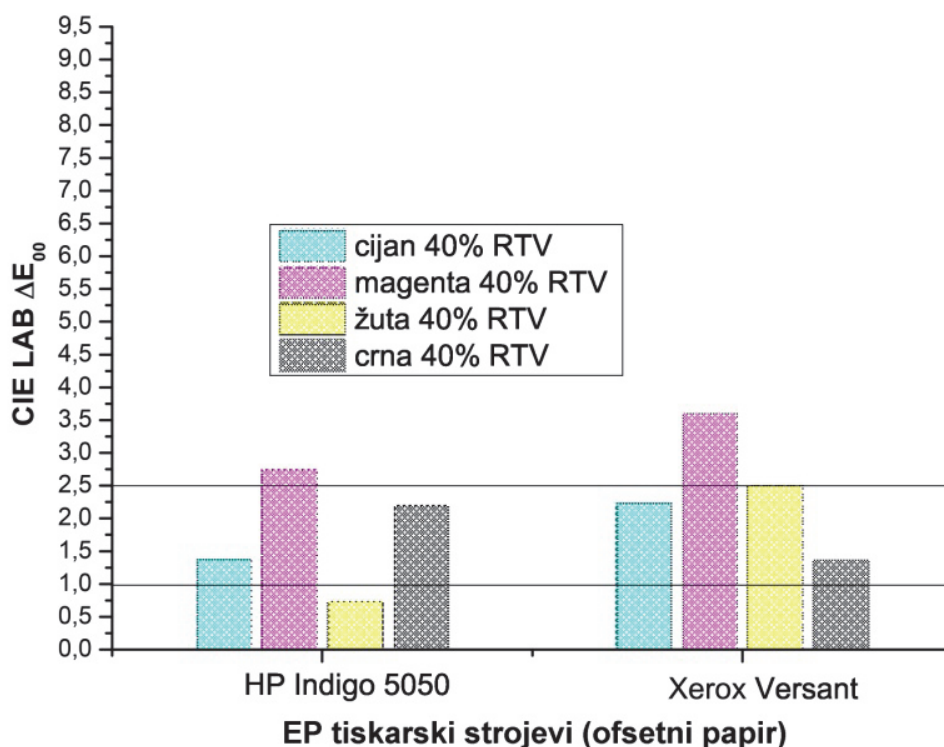
Kolorimetrijske razlike svih kolornih separacija boja otisnutih elektrofotografskim strojem Xerox Versant 2100 na ofsetnom papiru su iznad graničnog područja ( $\Delta E \gg 2.5$ ). Najidealniji otisak punog tona ima otisak crne boje HP Indiga ( $\Delta E_{K-HP}=1,30$ ). Međutim Xerox-ov stroj ostvaruje daleko veću kolorimetrijsku razliku ( $\Delta E_{K-XEROX}=7,77$ ). Otisak žute kod HP-a jedva prelazi gornju granicu  $\Delta E_{Y-HP}=2,58$  dok je razlika u obojenju žute za Xeroxa veća ( $\Delta E_{Y-XEROX}=4,41$ ). Otisak cijana Xerox-ovog stroja na ofsetnom papiru velike je razlike ( $\Delta E_{C-XEROX}=7,03$ ) dok otisak HP-a ima manju razliku obojenja koja iznosi  $\Delta E_{C-HP}=3,6$ . Magentini tonovi najlošije su reprodukcije, a njihove razlike u obojenju iznose  $\Delta E_{M-XEROX}=9,41$  (Xerox Versant), i  $\Delta E_{M-HP}=3,97$  (HP Indigo) (sl.23).



Slika 24 - Razlike u obojenju rastriranih tonova (40% RTV) između elektrofotografskih strojeva HP Indigo 5500 i Xerox Versant 2100 u odnosu na standard za premazani papir (FOGRA 51).

Cijan rastrirani tonovi (40% RTV) za otiske HP-ovog stroja na premazanom papiru relativno su male razlike obojenja i iznose  $\Delta E_{C-HP}=1,31$ , dok je razlika u obojenju za otisak cijan separacije Xerox-ovog stroja najveća ( $\Delta E_{C-XEROX}=2,85$ ). Magenta tonovi podjednake su razlike obojenja kod oba stroja ( $\Delta E_{M-XEROX}=2,12$ ;  $\Delta E_{M-HP}=2,33$ ). Žuti ton kod HP Indiga također je razlike koja je ljudskom oku nevidljiva  $\Delta E_{Y-HP}=0,77$ . Ista za Xerox Versant iznosi  $\Delta E_{Y-XEROX}=1,27$ . Xerox Versant crni tonovi su najbolje reproducirani, gdje su razlike u obojenju oku nevidljive ( $\Delta E_{K-XEROX}=0,95$ ), što ne vrijedi za HP-ov otisak ( $\Delta E_{K-HP}=1,24$ ) (sl.24).





Slika 25 - Razlike u obojenju rastriranih tonova (40% RTV) između elektrofotografskih strojeva HP Indigo 5500 i Xerox Versant 2100 u odnosu na standard za ofsetni papir (FOGRA 52).

Kod otiska cijana HP Indiga na 40% RTV na ofsetnom papiru razlika obojenja iznosi  $\Delta E_{C-HP}=1,38$  koja za otisak Xerox Versanta iznosi  $\Delta E_{C-XEROX}=2,24$ . Kod oba stroja magentini tonovi su najlošije reprodukcije ( $\Delta E_{M-XEROX}=3,58$ ;  $\Delta E_{M-HP}=2,76$ ). Žuti ton rastertonske vrijednosti 40% RTV kod HP Indiga najbolje se reproducira te se ostvaruje razlika u obojenju od  $\Delta E_{Y-HP}=0,74$  što je neprimjetna razlika. Za Xerox-ov stroj ona je vidljiva i iznosi  $\Delta E_{Y-XEROX}=2,51$ . Najbolja reprodukcija Xerox-a na ofsetnom papiru je crna separacija  $\Delta E_{K-XEROX}=1,35$  dok za HP Indigo ta kolorimetrijska razlika iznosi  $\Delta E_{K-HP}=2,19$  (sl.25).

### 4.3.1. Komparacija Xerox Versant otisaka na ofsetnom i premazanom papiru u odnosu na FOGRA standard

U elektrofotografskom tisku papiri se mogu ulagati iz nekoliko ulagačkih ladica. Samim time vrlo je lako napraviti promjenu i moguće je tijekom tiska kombinirati tiskovne podloge. Pritom dolazi i do odstupanja u kolorimetrijskim mjerenjima. Na tablici 2 prikazane su CMYK razlike punog tona i 40% RTV-a.

Tablica 2 – Prikaz kolorimetrijskih razlika Xerox Versant 2100 otisaka na premazanom i nepremazanom papiru

CIE LAB $\Delta E_{00}$	100% RTV /			40% RTV		
	PREMAZANI PAPIR	OFSETNI PAPIR	RAZLIKA	PREMAZANI PAPIR	OFSETNI PAPIR	RAZLIKA
$\Delta E_{C-XEROX}$	1,53	7,03	5,5	1,31	2,24	0,93
$\Delta E_{M-XEROX}$	1,69	9,41	7,72	2,33	3,58	1,25
$\Delta E_{Y-XEROX}$	1,85	4,41	2,56	0,77	2,51	1,74
$\Delta E_{K-XEROX}$	3,35	7,77	4,42	1,24	1,35	0,11

U tablici 2 prikazane su kolorimetrijske razlike Xerox Versant otisaka na naravnim (ofsetnim) i premazanim papirima (papiri za umjetnički tisak). Odmah se dolazi do zaključka da otisci na ofsetnom papiru imaju velike kolorimetrijske razlike i da se takvi otisci ne spadaju u visoko kvalitetni tisak.. Veća kolorimetrijska odstupanja uočavaju se kod promjene papira za otisak punog tona. Tako su najveća odstupanja kolorne razlike kod otiska punog tona magente gdje kolorimetrijska razlika uvjetovana promjenom papira iznosi  $\Delta E_{M-XEROX(OF)} - \Delta E_{M-XEROX(KD)} = 7,7$ , dok je najmanja ostvarena za otisak žute separacije ( $\Delta E_{Y-XEROX(OF)} - \Delta E_{Y-XEROX(KD)} = 4,41$ ). Kod otisaka površinske pokrivenosti 40% RTV najmanja odstupanja uvjetovana promjenom papira biti će za otisak tona crne separacije ( $\Delta E_{M-XEROX(OF)} - \Delta E_{M-XEROX(KD)} = 7,7$ . Najveća kolorna promjena rastriranih otisaka (40% RTV) do koje dolazi zbog promjene papira ostvarena je na otisku žute boje ( $\Delta E_{M-XEROX(OF)} - \Delta E_{M-XEROX(KD)} = 1,75$ ).

## 5. ZAKLJUČCI

Cijan otisci na papiru za umjetnički tisak se mogu svrstati u visokokvalitetne otiske. Ipak, postoje određene razlike pri čemu su otisci HP Indiga bliži standardu u području nižih tonskih vrijednosti (do 40%), dok otisci Xerox Versanta u visokim tonskim vrijednostima (iznad 70% RTV-a) prate standard. Otisci cijan separacije na papiru za umjetnički tisak za oba ispitana stroja nalaze se unutar standarda i mogu se koristiti za komercijalni tisak. Ipak, tonove treba korigirati promjenom LUT-krivulje za Xerox Versant u nižim tonskim vrijednostima. Za ostvarivanje idelanog otiska potrebno je povećati priraste  $Z_{20\%}=+2\%$ ;  $Z_{40\%}=+3,3\%$ ;  $Z_{60\%}=+2,0\%$ .

Krivulje reprodukcije cijana na ofsetnom papiru za oba ispitana stroja uglavnom nisu u toleranci standarda. Prema krivulji zaključujemo da su otisci Xerox Versanta 2100 koji se mogu koristiti u komercijalne svrhe samo oni iznad 60% RTV-a, a kod HP Indiga 5500 otisci ispod 40% RTV. Xeroxove otiske treba korigirati i to na način da se povećaju sljedeći prirasti rastertonskih vrijednosti:  $Z_{20\%}=+5,5\%$ ;  $Z_{40\%}=+7,9\%$ ;  $Z_{60\%}=+5,2\%$ .

Xerox-ovi otisci magente na papiru za umjetnički tisak mogu se koristiti za komercijalne potrebe. Da bi prirast bio identičan standardu treba minimalno utjecati na otisak u srednjim rastertonskim vrijednostima, to jest smanjiti priraste za  $Z_{40\%}=-0,9\%$ ;  $Z_{60\%}=-2,2\%$ .

Prirasti magenta otiska HP Indiga 5500 na ofsetnom papiru će nižim rastertonskim vrijednostima manje odstupajti od standarda i nalaze se unutar dozvoljenih granica odstupanja, dok u višim vrijednostima krivulja prelazi ispod donje granice. Prirasti otisaka Xerox Versanta manji su od minimuma standarda sve do 80% RTV. Stoga prirasti moraju biti povećani za  $Z_{20\%}=7\%$ ;  $Z_{40\%}=8,7\%$ ;  $Z_{60\%}=5,8\%$ ;  $Z_{80\%}=1,8\%$ .

Prirast otiska žute separacije otisnute strojem HP Indigo na papiru za umjetnički tisak može se koristiti u visoko kvalitetnom tisku jer se prirasti od najnižih do najviših rastertonskih vrijednosti nalaze unutar standarda. Da bi prirasti žute separacije na

otiscima Xerox Versanta bili jednaki standardu treba ih smanjiti za:  $\Delta Z_{20\%}=4\%$ ;  $\Delta Z_{40\%}=5,5\%$ ;  $\Delta Z_{60\%}=4\%$ ;  $\Delta Z_{80\%}=3\%$ .

Do 60% RTV će prirasti otisaka žute na ofsetnom papiru Xerox Versanta biti van granice, dok za HP-ov stroj sve vrijednosti prirasta spadaju u tolerance standarda (otisci se mogu koristiti u komercijalne svrhe). Da bi prirasti otisaka Xerox Versanta bili identični standardu potrebno je kompenzirati krivulje na sljedeći način  $Z_{20\%}=+4,2\%$ ;  $Z_{40\%}=+4,57\%$ ;  $Z_{60\%}=+3,5\%$ .

Krivulja crne reprodukcije na papiru za umjetnički tisak za HP Indigo je pravilnog oblika koji prati oblik standarda ali od dozvoljene tolerancije standarda odstupa do čak 9%. U nižim tonskim vrijednostima otisci Xerox-ovog stroja odstupaju od standarda i nisu u granicama standarda (ne mogu se koristiti za komercijalni tisak). Korigiranje krivulje prirasta može se provesti povećanjem vrijednosti prirasta za  $Z_{30\%}=+7,37\%$ ;  $Z_{50\%}=+5\%$ .

Krivulja prirasta za otisak crne na ofsetnom papiru pokazuje da se otisci oba stroja ne mogu koristiti u komercijalne svrhe jer značajno odstupaju od standarda. Obje krivulje su izvan tolerancija standarda (prirasti otisaka su lošiji od standarda za ofsetni tisak). Također, krivulja prirasta otiska crne na ofsetnom papiru za Xerox-ov stroj ne prati oblik krivulje standarda ( $Z_{50\%} < Z_{30\%} < Z_{70\%}$ ). Da bi se korigirali otisci Xerox Versanta priraste treba povećati za  $Z_{30\%}=+8\%$ ;  $Z_{50\%}=+10,2\%$ ;  $Z_{70\%}=+2,6\%$ .

Kolorimetrijske razlike otisaka svih separacija boja (CMYK) na 40% i 100% RTV su puno veće na ofsetnom papiru nego na papiru za umjetnički tisak. Otisci na papiru za umjetnički tisak imaju kvalitetnu reprodukciju sa nižim kolorimetrijskim razlikama. Crna boja u punom tonu je iznimka, njezina kolorimetrijska razlika iznosi  $\Delta E_{K-XEROX}=3,3$  te se takav otisak ne može koristiti bez veće korekcije. Pri rastertonskoj vrijednosti od 40% RTV otisak crne boje na ofsetnom papiru po kolorimetrijskoj razlici nije puno veći od razlike obojenja na papiru za umjetnički tisak ( $\Delta E_{K-XEROX(KD)}=1,2$ ;  $\Delta E_{K-XEROX(OF)}=1,3$ ).

### *Papir za umjetnički tisak*

Najkvalitetnija reprodukcija otiska ponog tona ostvarena je na separaciji cijana ( $\Delta E_{C-XEROX(KD)}=1,53$ ), dok je nalošija za otisak crne boje (ne odgovara standardu FOGRA 51) koja iznosi  $\Delta E_{K-XEROX(KD)}=3,35$ .

Pri 40% RTV otisak najbolje reprodukcije ostvaren je kod žute boje i iznosi  $\Delta E_{Y-XEROX(KD)}=0,77$ . Na otisku 40% RTV najlošija reprodukcija biti će ostvarena na papiru za umjetnički tisak za magenta separaciju ( $\Delta E_{M-XEROX(KD)}=2,33$ ).

### *Ofsetni papir*

Na području pokrivenosti od 100% RTV sve reprodukcije su van standarda (FOGRA 52). Najkvalitetnija je reprodukcija žute ( $\Delta E_{Y-XEROX(KD)}=4,41$ ) dok je najlošija reprodukcija magente ( $\Delta E_{M-XEROX(OF)}=9,41$ ).

Pri rastriranom otisku (40% RTV) utvrđena je kolorimetrijska razlika crne boje  $\Delta E_{K-XEROX(OF)}=1,35$  (unutar standarda FOGRA 52) što je ujedno i najbolja reprodukcija Xerox Versant ispitanih otisaka na ofsetnom papiru. Najlošija reprodukcija i najveća kolorimetrijska razlika izmjerena je za magentu ( $\Delta E_{M-XEROX(OF)}=3,58$ ).

Kolorimetrijske razlike uvjetovane promjenom papira su puno veće kod otisaka punih tonova. Kod otisaka rastriranih površina (40% RTV) te su razlike minimalne.

## 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. Naletilić, D.; *Utjecaj temperature i strukture tiskovne podloge na tranfer electoinka*, Diplomski rad, Zagreb, 2010.
6. <https://www.xerox.com/digital-printing/digital-printing-press/color-printing/xerox-versant-2100/enus.html>, 5.5.2016.
7. <https://www.fujixerox.com> 5.5.2016.
8. <http://www.office.xerox.com/latest/V21BR-01U.pdf>, 7.5.2016.
9. <https://en.wikipedia.org/wiki/Xerography>, 12.5.2016.
10. Kiphan H.; *Hand Book of Print Media*, Springer, Berlin, 25-750, 2001.

## 7. PRILOZI

Tablica 3 – prirasti rastertonskih vrijednosti Z% za premazani papir

RTV	Elektrofotografski strojevi		Standard (KD gloss)		
	HP Indigo Z%	Versant Z%	minimum	Standard	maximum
20%	11,53	8,2	7,2	10,2	13,2
40%	15,8	12,56	12	16	20
60%	12,7	14,53	12,6	16,6	20,6
80%	9,23	11,8	8,5	11,5	14,5
20%	9,43	10,23	7,2	10,2	13,2
40%	13,73	16,93	12	16	20
60%	13,1	18,8	12,6	16,6	20,6
80%	7,16	12,16	8,5	11,5	14,5
20%	10,46	14,2	7,2	10,2	13,2
40%	14,8	21,56	12	16	20
60%	13,4	20,8	12,6	16,6	20,6
80%	9,63	14,63	8,5	11,5	14,5
30%	11,5	12,43	15,8	19,8	23,8
50%	13,3	17,23	18,3	22,3	26,3
70%	10,43	17,46	14,6	17,6	20,6

Tablica 4 – LAB  $\Delta E_{00}$  (premazani papir)

kd papir	strojevi	L	A	b	dE <sub>00</sub>	dL <sub>00</sub>	dC <sub>00</sub>	dH <sub>00</sub>
100 %RTV	HP indigo Fogra	54,1584	35,1441	52,0929	1,862639	-1,8538	-0,06814	-0,16799
	51	56,12	-34,9	-52,52				
	Versant Fogra	55,1648	-34,433	48,2828	1,531232	-0,89578	-1,04037	-0,67814
	51	56,12	-34,9	-52,52				
40% RTV	HP indigo Fogra	85,7223	-5,65	-17,186	1,317652	-0,95777	0,841253	0,333423
	51	87,2	-5,64	-15,58				
	Versant Fogra	86,7603	-2,8937	15,8745	2,857849	-0,28355	-0,26112	2,831734
	51	87,2	-5,64	-15,58				
kd papir	strojevi	L	a	b	dE <sub>00</sub>	dL <sub>00</sub>	dC <sub>00</sub>	dH <sub>00</sub>
100 %RTV	HP indigo Fogra	48,5795	77,0363	2,9794	3,301215	0,514935	0,366837	3,240107
	51	48,06	75,29	-5,18				
	Versant Fogra	46,4248	74,9054	-6,563	1,693415	-1,60045	-0,0628	-0,54978
	51	48,06	75,29	-5,18				
40% RTV	HP indigo Fogra	83,672	17,7907	-9,1659	2,334895	-1,01042	2,045704	0,49586
	51	85,2	14,67	-8,29				
	Versant Fogra	84,7772	15,1151	11,5957	2,127626	-0,27805	0,989753	-1,86276
	51	85,2	14,67	-8,29				
kd papir	strojevi	L	a	b	dE <sub>00</sub>	dL <sub>00</sub>	dC <sub>00</sub>	dH <sub>00</sub>
100 %RTV	HP indigo Fogra	88,0415	-3,9666	92,0086	0,576194	-0,57102	-0,07069	-0,03065
	51	88,94	-4,04	92,37				
	Versant Fogra	86,4578	-5,6279	90,5459	1,855114	-1,58958	-0,33929	0,894187
	51	88,94	-4,04	92,37				
40% RTV	HP indigo Fogra	92,4641	-0,9707	11,7135	0,777381	-0,72811	-0,13248	-0,23797
	51	93,66	-1,17	11,88				
	Versant Fogra	92,5851	-2,0348	11,9777	1,278777	-0,65408	0,218946	1,076809
	51	93,66	-1,17	11,88				
kd papir	strojevi	L	a	b	dE <sub>00</sub>	dL <sub>00</sub>	dC <sub>00</sub>	dH <sub>00</sub>
100 %RTV	HP indigo Fogra	40,885	0,4387	-2,7518	3,013189	2,918518	0,249018	0,706787
	51	37,53	-0,06	-2,55				
	Versant Fogra	33,829	-0,9781	-2,183	3,357209	-3,07126	0,068702	-1,35406
	51	37,53	-0,06	-2,55				
40% RTV	HP indigo Fogra	82,334	1,6665	-6,6288	1,247142	-0,25349	1,007358	0,690171
	51	82,71	0,94	-5,62				
	Versant Fogra	83,2097	1,3019	-6,6258	0,959488	0,33539	0,868364	0,23254
	51	82,71	0,94	-5,62				



Tablica 5 – prirasti rastertonskih vrijednosti za ofsetni papir

RTV	Elektrofotografski strojevi		Standard za ofsetni papir		
	HP Indigo Z%	Versant Z%	minimum	standard	maximum
20%	15,7	9,93	12,5	15,5	18,5
40%	18,8	14,03	18	22	26
60%	15,6	15,6	16,8	20,8	24,8
80%	9,73	12,36	10	13	16
20%	13,26	8,5	12,5	15,5	18,5
40%	19,03	13,23	18	22	26
60%	15,8	15	16,8	20,8	24,8
80%	9,5	11,13	10	13	16
20%	15,8	11,23	12,5	15,5	18,5
40%	19,63	17,43	18	22	26
60%	17	17,33	16,8	20,8	24,8
80%	11,03	12,8	10	13	16
30%	15,66	17,86	21,9	25,9	29,9
50%	17,26	16,93	23,5	27,5	31,5
70%	12	17,7	17,3	20,3	23,3

Tablica 6 - LAB  $\Delta E_{00}$  (ofsetni papir)

of papir	strojevi	L	A	b	dE <sub>00</sub>	dL <sub>00</sub>	dC <sub>00</sub>	dH <sub>00</sub>
100 %RTV	HP indigo	58,6563	-30,9153	-50,1422	3,574339	-0,03917	1,251791	-3,34774
	Fogra 52	58,7	-22,35	-48,12				
	Versant	52,2638	-31,0288	-50,9923	7,038994	-6,05068	1,46629	-3,28432
	Fogra 52	58,7	-22,35	-48,12				
40% RTV	HP indigo	85,9101	-5,1333	-21,7772	1,388349	1,06426	0,607301	-0,65273
	Fogra 52	84,29	-4,47	-20,44				
	Versant	85,7097	-2,3142	-21,1956	2,245839	0,933544	0,529241	1,972864
	Fogra 52	84,29	-4,47	-20,44				
of papir	strojevi	L	A	b	dE <sub>00</sub>	dL <sub>00</sub>	dC <sub>00</sub>	dH <sub>00</sub>
100 %RTV	HP indigo	52,1795	72,9258	-3,9345	3,969123	-2,29115	3,203665	0,491037
	Fogra 52	54,54	60,07	-4,3				
	Versant	45,9038	75,1272	-5,9314	9,41107	-8,63478	3,737199	-0,20549
	Fogra 52	54,54	60,07	-4,3				
40% RTV	HP indigo	83,2582	21,1776	-13,916	2,76179	0,347668	2,712692	-0,3846
	Fogra 52	82,74	17,07	-10,66				
	Versant	85,7322	15,6304	-14,6184	3,589054	1,98262	0,218245	-2,98377
	Fogra 52	82,74	17,07	-10,66				
of papir	strojevi	L	A	b	dE <sub>00</sub>	dL <sub>00</sub>	dC <sub>00</sub>	dH <sub>00</sub>
100 %RTV	HP indigo	89,347	-4,3008	82,4224	2,588281	1,071999	2,252461	0,690241
	Fogra 52	87,66	-2,65	72,38				
	Versant	85,9235	-3,9288	92,4306	4,416746	-1,12188	4,263359	0,2698
	Fogra 52	87,66	-2,65	72,38				
40% RTV	HP indigo	92,8623	-0,6411	10,2273	0,748878	0,58957	-0,36651	0,280885
	Fogra 52	91,9	-0,46	10,79				
	Versant	92,9576	-0,5636	7,3824	2,517045	0,647672	-2,39778	0,408298
	Fogra 52	91,9	-0,46	10,79				
of papir	strojevi	L	A	b	dE <sub>00</sub>	dL <sub>00</sub>	dC <sub>00</sub>	dH <sub>00</sub>
100 %RTV	HP indigo	43,5431	1,4316	-1,994	1,30525	1,28599	0,189276	-0,11867
	Fogra 52	42,14	1,38	-1,76				
	Versant	33,5107	-0,1374	-2,8842	7,778711	-7,36653	0,152059	-2,49389
	Fogra 52	42,14	1,38	-1,76				
40% RTV	HP indigo	81,8151	2,9809	-9,318	2,191691	1,68853	1,19041	0,731643
	Fogra 52	79,36	2,03	-8,1				
	Versant	80,5692	2,551	-9,3899	1,35484	0,83708	1,047358	0,194759
	Fogra 52	79,36	2,03	-8,1				