

**GRAFIČKI FAKULTET
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

DIPLOMSKI RAD

**UTJECAJ EKSTREMNIH NANOSA ELECTROINKA
NA GAMUT KOLORNE REPRODUKCIJE**

Mentor:

Prof. dr. sc. Stanislav Bolanča

Student:

Mario Matošević

Zagreb, svibanj 2009.

SADRŽAJ

1. UVOD	2
2. TEORETSKI DIO	3
2.1. TEHNIKE DIGITALNOG TISKA	3
2.2. ELEKTROFOTOGRAFIJA S PRAŠKASTIM TONEROM.....	5
2.3.1. Nabijanje tiskovne forme.....	6
2.3.2. Osvjetljavanje tiskovne forme	7
2.3.3. Obojavanje tiskovne forme tonerom.....	8
2.3.4. Prenosjenje tonera na tiskovnu podlogu	10
2.3.5. Fiksiranje tonera na tiskovnoj podlozi.....	12
2.3.6. Čišćenje tiskovne forme od ostataka tonera.	13
2.3. ELEKTROFOTOGRAFIJA S TEKUĆIM TONEROM	14
2.4. METODE ODREĐIVANJA NANOSA BOJE NA OTISKU.....	15
2.4.1 DENZITOMETRIJA	15
2.4.2 KOLORIMETRIJA	16
3. EKSPERIMENTALNI DIO	17
3.1. METODOLOGIJA RADA.....	17
3.2. KORIŠTENA OPREMA	19
HP indigo S1000.....	19
3.3. MJERNI UREĐAJI	20
3.4.1 X-rite Pulse	20
4. REZULTATI I DISKUSIJA	22
4.1. DENZITOMETRIJSKI REZULTATI	22
4.2. SPEKTROFOTOMETRIJSKI REZULTATI.....	26
5. ZAKLJUČAK	36
6. LITERATURA	37

1. UVOD

U posljednje vrijeme, sveopćom implementacijom računala i laserske tehnologije, omogućen je razvoj digitalnog tiska, koji je pogodan zbog tiska na zahtjev (Print on demand). Pomoću digitalnog tiska omogućena je proizvodnja grafičkih proizvoda koji do tada nisu bili ekonomski isplativi. Takvi strojevi nude mogućnosti personalizacije, kratku strojnu pripremu i razumnu cijenu otiska, izbjegavajući standardne master tiskovne forme i filmove.

Digitalni tisak je realnost i to ponajviše zbog informacija koje su u digitalnom obliku. Kao takve mogu se lako modificirati i ponovo otiskivati. Konvencionalne tehnike tiska su ponajviše namijenjene otiskivanju većih naklada, dok su za tisak manjih naklada su neisplative. Digitalni tisak se razvija u dva smjera: Computer to Press i Computer to Print. Computer to Press tehnologiju karakterizira izrada standardne forme u samom tiskarskom stroju, nakon čega slijedi otiskivanje uvijek istog motiva, dok Computer to Print tehnologija je bazirana na latentnoj tiskovnoj formi koja se poslije svakog otiskivanja ponovo izrađuje. Computer to Print tehnologije karakterizira i vrlo mala sila pritiska u zoni dodira tiskovne podloge i tiskovne forme te takve tehnike otiskivanja nazivamo i NIP (Non Impact Printing) tehnike otiskivanja. NIP tehnike otiskivanja svakodnevno se razvijaju, a ipak se najviše investira u strojeve koji rade principom elektrofotografije ili Ink Jeta.

Cilj ovog rada je utvrditi kako se reproduciraju osnovne procesne boje u elektrofotografiji koja primjenjuje tekući toner. Pritom je korištena mogućnost regulacije nanosa bojila na otisku, a pritom je analizirana kvaliteta prihvaćana boje nastale jednostrukim, dvostrukim i trostrukim otiskivanjem iste boje jedna na drugu. Studijom rezultata vidjeti će se da li se ekstremnim nanosima boje, povećava kvaliteta otiska. Odnosno koji problemi proizlaze iz toga, tj. procesa. Također će se sagledati utjecaj višestrukog otiskivanja na gustoću obojenja otiska, prirasta RTV-a i volumen kolornog gamuta reprodukcije.

2. TEORETSKI DIO

2.1. TEHNIKE DIGITALNOG TISKA

Digitalni tiskarski sustavi rade uz pomoć računala koje je direktno spojeno s tiskarskim strojem. Razlikujemo dva sustava: NIP i Computer to Press. Tiskovne forme su virtualne i za vrijeme otiskivanja nalazi se ili u neznatnom međusobnom kontaktu s tiskovnom podlogom ili nema dodira između tiskovne podloge i tiskovne forme (Ink Jet, magnetografija). Virtualna tiskovna forma sadrži tiskovne elemente i slobodne površine koje se razlikuju u energetske potencijalu. Nanosom bojila suprotnog elektronskog potencijala na tiskovne elemente tiskovna forma postaje vidljiva i spremna za otiskivanje.

„Computer to Press“ tehnologija mnogo je sličnija konvencionalnom načinu otiskivanja. Takvi tiskarski strojevi zadržali su sve komponente klasične tiskarske jedinice, te sadrži i dodatni uređaj za automatsko generiranje tiskovne forme (laserska glava spojena s računalom). Priprema stroja i izrada tiskovnih formi izvršava se za 15 minuta i provodi se u samom tiskarskom stroju.

Najznačajniji predstavnik „Computer to Press“ tehnologije sa fiksnim tiskovnim formama je bezvodni ofset. Sam naziv „bezvodni ofset“ govori da je to tehnika modificiranog klasičnog ofsetnog tiska, koja pri radu ne koristi uređaj za vlaženje, odnosno princip otiskivanja baziran je samo na pojavama oleofobnosti i oleofilnosti. Početak ere bezvodnog ofseta omogućen je s patentom specijalne tiskovne forme na bazi oleofobnog silikona. U razvoju bezvodnog ofseta najviše su napredovali Heidelberg, Presstek, KBA i MAN – Roland.

Najraširenija tehnika digitalnog tiska sa promjenjivom tiskovnom formom je elektrofotografija. A u digitalne tehnike tiska još ubrajamo magnetografiju, ionografiju i elcografiju. Razvojem magnetografije se bave tvrtke Nipson i Xeikon, dok ionografiju razvijaju Delphax i Xerox.

Jedan od predstavnika „Computer to Print“ tehnika otiskivanja je i otiskivanje termalnim transferom. Tu tehniku razvijaju Datametrix, Seiko, Sharp, Tektronix i Mitsubishi. Ink Jet također spada u „Computer to Print“ tehnike otiskivanja. Današnji Ink Jet pisači rade principom formiranja kapljice na zahtjev (elektrostatski piezo Ink Jet i termalni Ink Jet) ili su pak kontinuirani Ink Jet. Piezo i termalni Ink Jet pisači posjeduju minijaturne komore, u kojima su elektronički elementi spojeni s računalom, koje daje signal o momentu formiranja pojedinačne kapljice bojila. Termalni Ink Jet pisači formiraju kapljice selektivnim zagrijavanjem mikrogrijača, što rezultira formiranjem mjehura koji izbacuje kapljicu bojila. Veličina formirane kapljice proporcionalna je veličini mjehura odnosno temperaturi mikrogrijača.

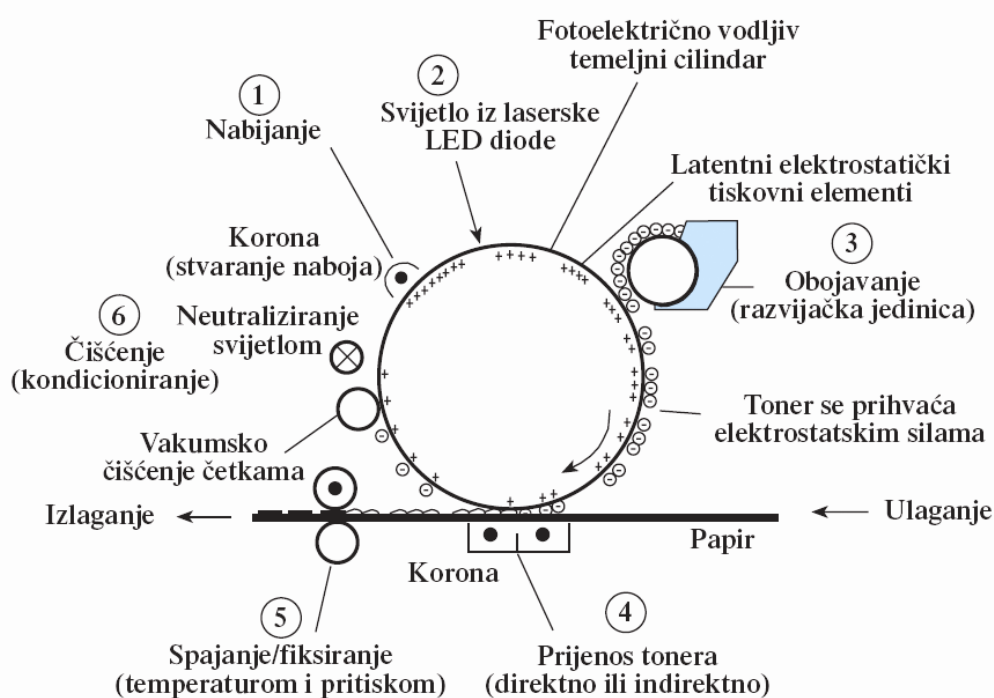
2.2. ELEKTROFOTOGRAFIJA S PRAŠKASTIM TONEROM

Elektrofotografija je način otiskivanja koju je 1942. patentirao Chaster Carlson. Na osnovi tog patenta tvrtka Xerox započinje njezin razvoj koji rezultira s suvremenim fotokopirnim strojevima i laserskim printerima.

Osnovni princip elektrografije temelji se na fizikalnom fotoelektričnom efektu, koji se dešava uslijed osvjetljavanja poluvodičkih ploča, prilikom čega odlazi do emisije iona iz metalnih rešetaka.

Sam proces provodi se u šest faza (slika 1):

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

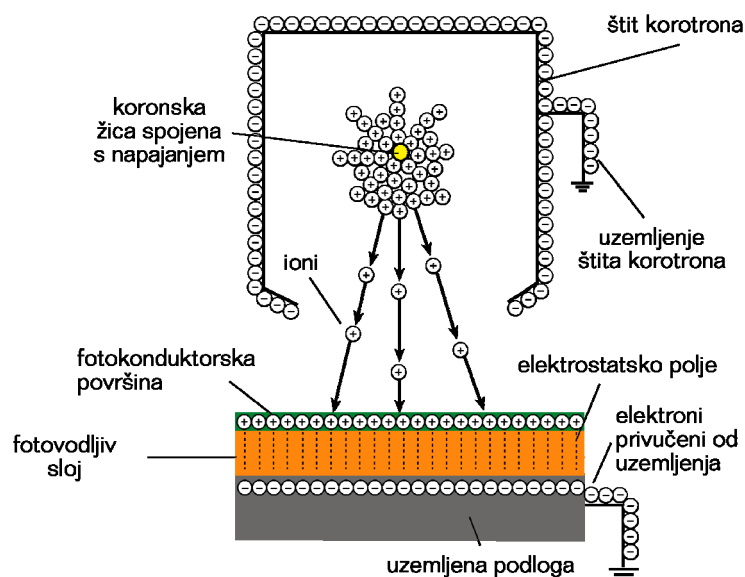


Slika 1. Osnovni princip elektrografije

2.2.1 Nabijanje tiskovne forme

Temelj elektrofotografskog procesa je stvaranje kontroliranog električnog potencijala na fotokonduktorskoj površini. Pritom su presudni parametri debljina vodljivog fotokonduktorskog sloja, primijenjen površinski naboj i dielektrička konstanta fotoreceptorskog sloja. Nastali površinski potencijal fotokonduktora proporcionalan je naboju stvorenom na koroni.

Pozitivsko nabijanje vrlo je često u elektrofotografiji. Takvo je nabijanje primjenu pronašlo u uredskim kopirnim strojevima, DTP laserskim printerima i njihovim kombinacijama. Pri pozitivskom nabijanju fotokonduktorski bubanj rotira konstantnom brzinom, pri čemu se izlaže djelovanju korotrona ili dikotrona.



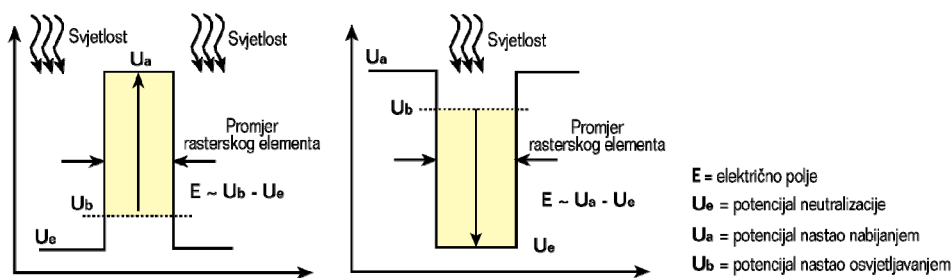
Slika 2. Princip pozitivskog nabijanja

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

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. Uređaji korišteni za negativsko nabijanje nazivaju se skorotroni.

2.2.2 Osvjetljavanje tiskovne forme

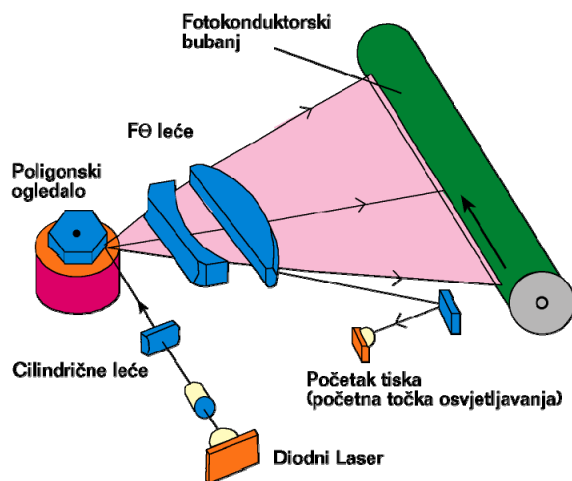
Osvjetljavanje je proces u kojem se originalni dokument ili kompjuterski podaci projiciraju na fotokonduktor. Pritom se naponi na fotokonduktoru mijenjaju (najčešće neutraliziraju). Ovisno o izvršenom nabijanju fotokonduktorske površine, razlikujemo negativsko nabijanje CAD (Charged Area Development) i pozitivsko nabijanje DAD (Discharged Area Development).



Slika 3. Negativsko (CAD) i pozitivsko (DAD) nabijanje

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.

Pri pozitivskom nabijanju 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.



Slika 4. Osvjetljavanje fotokonduktorskog bubnja laserom

2.2.3 Obojavanje tiskovne forme tonerom

Osnovna zadaća procesa razvijanja je učiniti virtualnu tiskovnu formu vidljivom. Pritom se koriste specijalizirano obojeni materijali (toneri), koji su prilagođeni za prenašanje na tiskovnu podlogu. Toneri su najčešće praškastog oblika, ali mogu biti i tekućine. Ovisno o agregatnom stanju tonera, prilagođena je i konstrukcija elektrofotografskih strojeva. Razlikuju se dva osnovna tipa elektrofotografskog procesa otiskivanja:

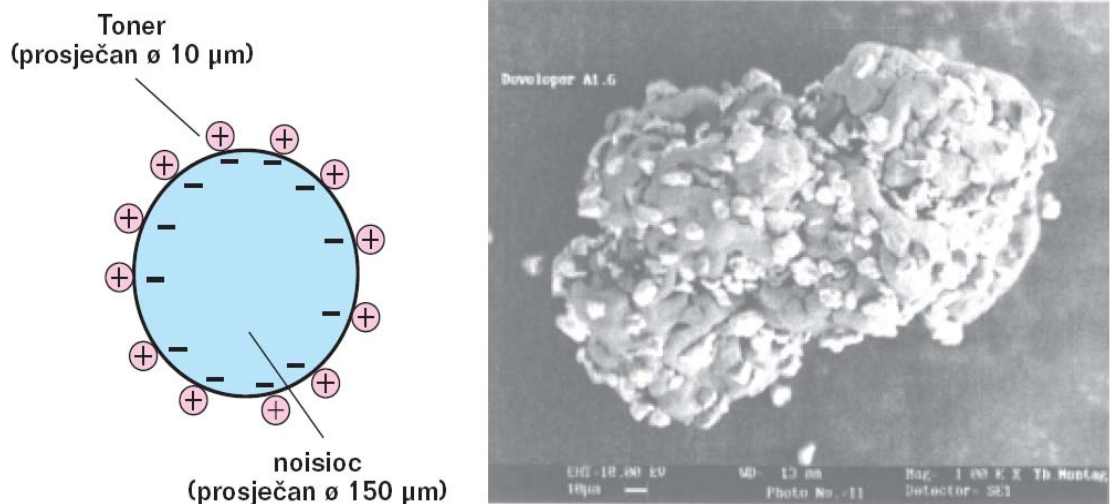
- elektrofotografija praškastim tonerima (Xerografija)
- elektrofotografija tekućim tonerima.

U Xerografiji 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.

Jednokomponentne toneri sastoji se od: poliesterske stiren-akrilne smole (50%) i magnetizirajućeg željeznog pigmenta (50%). Na samom kraju proizvodnog procesa tonera, izvodi se premazivanje s električno provodljivim ugljikom. U procesu razvijanja tonera presudnu ulogu ima termoplastična smola koja se pri visokoj temperaturi brzo tali, odnosno hlađenjem se brzo skrućuje.

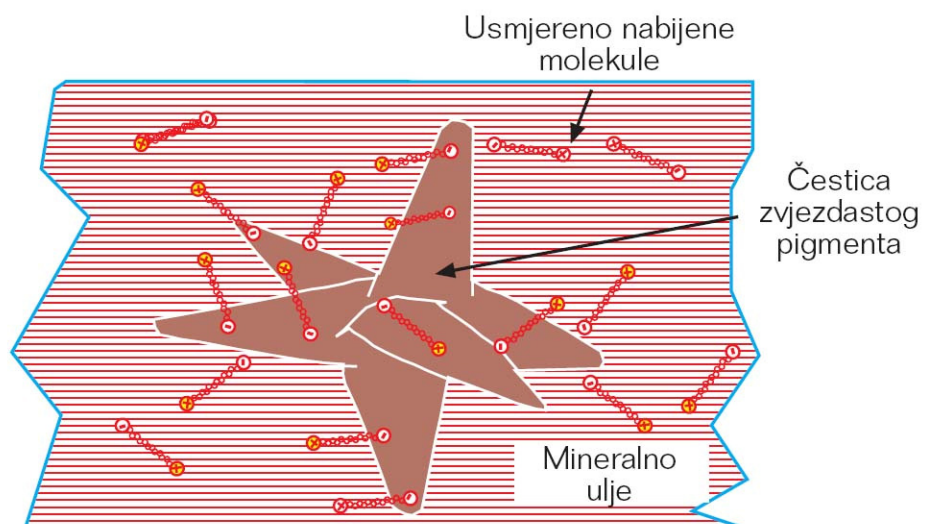
Dvokomponentni toner (slika 5.) je smjesa dviju vrsta čestica: magnetskih nosećih čestica i tonerskih čestica. Za trajanja razvijачkog procesa čestice tonera sudaraju se s nosiocima. Pri tom kontaktu dolazi do trenja, što rezultira s triboelektričnim nabijanjem.

Dvokomponentno razvijanje tonera primjenjuje se u visokoproduktivnim elektrofotografskim strojevima. Takvi strojevi posjeduju fotokonduktore koji u fazi nabijanja moraju imati površinski jednoličan naboj.



Slika 5. Prikaz dvokomponentnog tonera za

Electroink je tekuće bojilo koje se sastoji od: monomerne pigmentne paste (oko 5%), mineralnih ulja određenih frakcija (oko 95%) i agensa za povećanje elektrovodljivosti. Pigmentne čestice u monomernoj pasti su zvjezdastog oblika, veličine između 1-2 µm. Agensi za povećanje vodljivosti su polarne molekule, fino raspršene u bojilu, i svojim negativnim polom se povezuju sa pigmentima. Ukupan nanos bojila na formi je oko 13 µm.

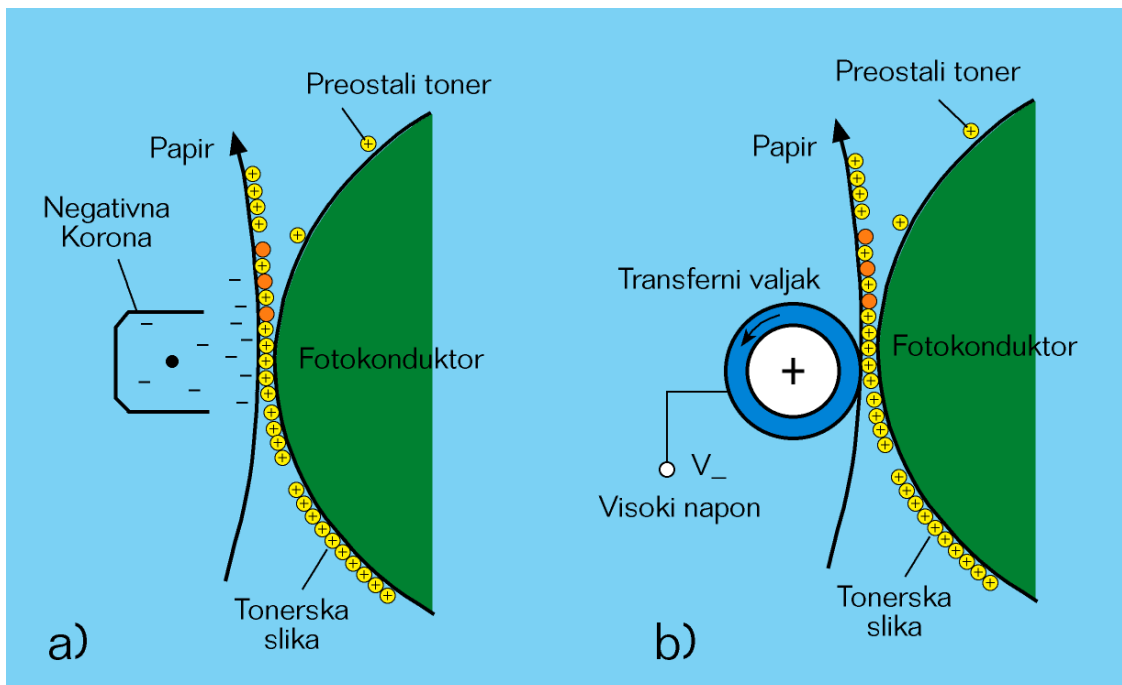


Slika 6. Prikaz tekućeg bojila Electroink

2.2.4 Prenosjenje tonera na tiskovnu podlogu

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

Pri direktnom elektrofotografskom tisku 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. On se smješta s donje strane tiskovne podloge, i pri svom radu generira ione. Potencijal iona ovisan je o potencijalu korištenog tonera, te je uvijek suprotnog predznaka. Po konstrukciji razlikujemo dva tipa transfernih uređaja: transferne korone i transferne valjke.



Slika 7. Uređaji za direktno prenošenje tonera na papir

Transferom 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 dodirom triju tijela (fotokonduktor - toner - papir). Pritom je formirano i jače elektrostatsko polje između tonera i transferne korone.

Prijenos je moguć i s transfernim valjkom. Transferni valjak 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 obično koriste tiskovne podloge u roli. U zoni dodirivanja formira se veći tlak koji rezultira i dodatnim glačanjem po cijeloj širini papirne role. Time je osigurana veća produktivnost s manjim brojem zastoja.

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

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

Elektrofotografski strojevi koji koriste tekuće Electroink bojilo izvode transfer pomoću ofsetnog cilindra. Konstrukciju transfernog cilindra karakteriziraju 2 osnovna dijela: grijač i vanjska površina cilindra (spojena s električnim napajanjem). Ofsetni cilindar direktno je spojen s istosmjernim električnim napajanjem. Pritom se na vanjskoj površini cilindra formira permanentni pozitivan napon, koji osigurava dobar transfer boje s fotokonduktora na ofsetni cilindar. Istovremeno se s ugrađenom grijačom lampom zagrijava cjelokupna površina cilindra.

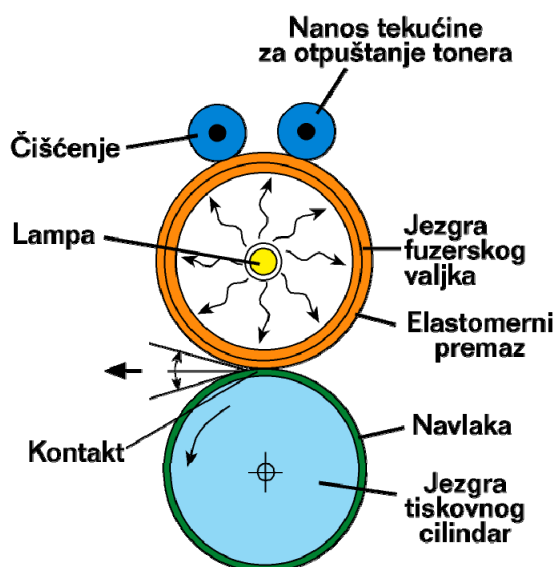
Na vanjsku površinu ofsetnog cilindra montirana je specijalna gumena navlaka koja u ovakvom indirektnom otiskivanju omogućava:

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

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

2.2.5 Fiksiranje tonera na tiskovnoj podlozi

Fuziranje (fiksiranje) tonera je vrlo složen proces. 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 wandervalsovima 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. Zbog tog razloga potrebno je dodatno fiksiranje čestica tonera za tiskovnu podlogu. Za tu potrebu konstruirani su specijalni uređaji koji se nazivaju fuzeri.



Slika 8. Fuzorska jedinica na bazi valjkaste strukture

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

U elektrofotografiji postoje i alternativne metode fuziranja. To su fuziranje laserom, mikrovalovima i fuziranje vodenom parom. Njihova je efikasnost još uvijek upitna, tako da još nisu u komercijalnoj upotrebi.

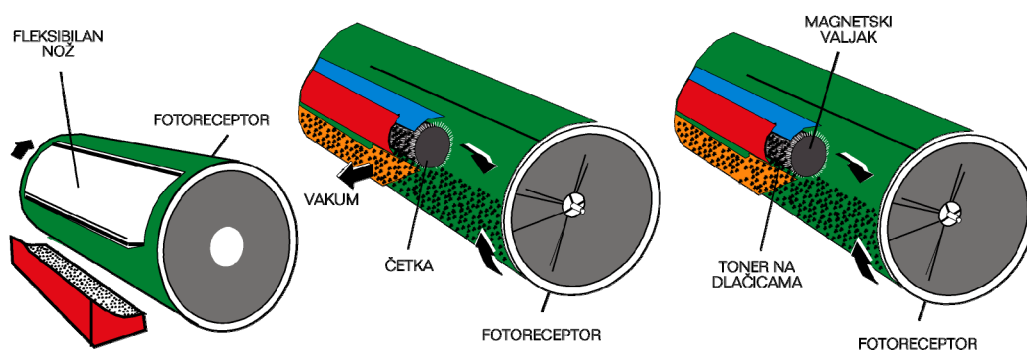
2.2.6 Čišćenje tiskovne forme od ostataka tonera.

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

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

Čišćenje započinje sa svjetlosnom neutralizacijom. Pri mehaničkom skidanju koristi se specijalno konstruirana jedinica za čišćenje. Takva se jedinica sastoji od: kućišta, mlaznica za nanašanje tekućeg nosioca, spužvastog valjka, valjka za cijedenje i poliuretanskog noža.

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 elektroinika će se potpuno razrijediti. Tekući nosilac s otopljenim ostacima elektroinika lako se skida s elastičnim poliuretanskim nožem.

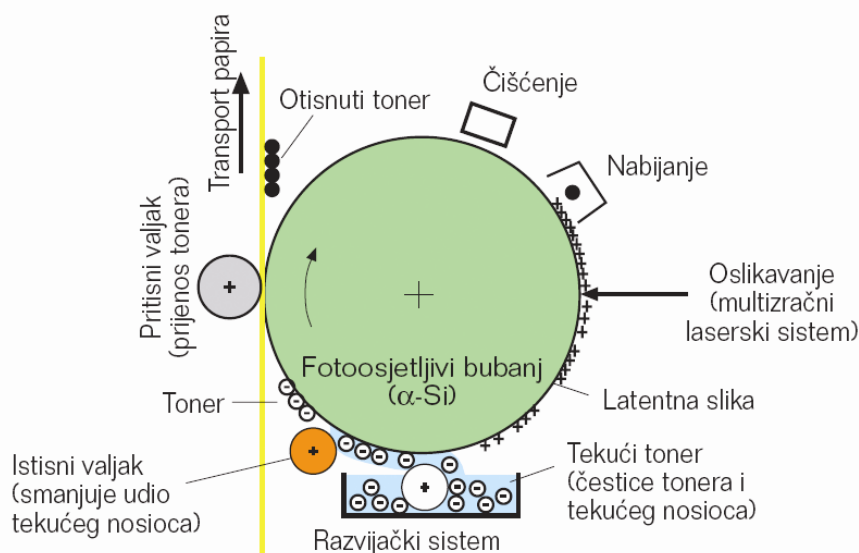


Slika 9. Principi čišćenja fotokonduktora od suvišnog praškastog tonera

2.3. ELEKTROFOTOGRAFIJA S TEKUĆIM TONEROM

Elektrofotografija koja primjenjuje tekuće tonere je mnogo rjeđa u odnosu na elektrofotografiju s praškastim tonerima. Dvije tvrtke koje su odmakle daleko u razvoju takvog procesa su HP Indigo i Mitsubishi.

Osnova takvog procesa je tekući toner. „Electroink“ se sastoji od tekućeg nosioca u kojem su raspršeni negativno nabijeni pigmenti veličine između 1 i 3 μm . U elektrofotografskim sustavima s tekućim tonerom karakterističan je fotokonduktor koji je građen od amfornog silikona. Fotokonduktor se negativskim postupkom nabija i osvjetljava s laserskim sustavom. Na tako formiranu latentnu tiskovnu formu se nanosi tekuće bojilo.



Slika 10. Princip rada elektrofotografije s tekućim tonerima

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

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

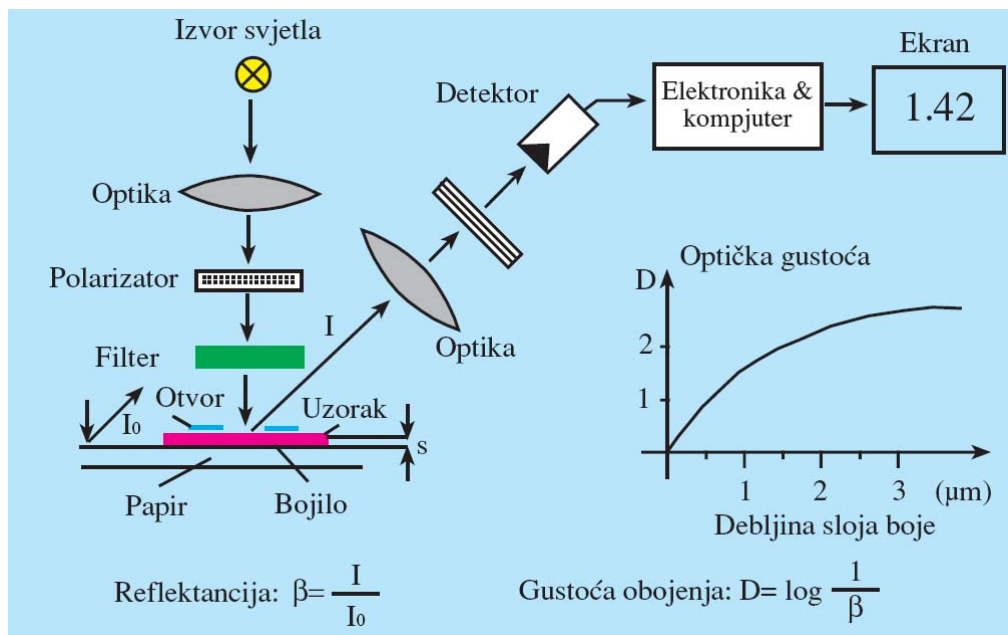
2.4. METODE ODREĐIVANJA NANOSA BOJE NA OTISKU

Direktno mjerenje nanosa bojila na otisku vrlo je komplicirano te zahtjeva razaranje otiska i njegovo mikroskopsko mjerenje. U tiskarstvu se zato primjenjuju indirektno metode određivanja nanosa mjerenjem apsorpcije svjetla sa otiska (denzitometrija) ili vrijednost obojenja (kolorimetrija).

2.4.1. Denzitometrija

Pomoću denzitometra mjerimo optičku gustoću obojenja otisnutog bojila na tiskovnoj podlozi. Denzitometar radi tako da iz usmjerenog izvora svjetla svjetlost prolazi kroz leću, polarizator, filter i osvjetljava otisnutu površinu. Ovisno o koncentraciji pigmenata i nanosu bojila dio svjetla se apsorbira. Neapsorbirano svjetlo s površine se reemitira pod kutem od 45° i kroz sustav leća dolazi u fotodiodu. Fotodioda pretvara reemitirano svjetlo u impulse električne energije, koje elektronički sklop uspoređuje s izmjenom vrijednošću referentnog bijelog standarda. Dobivena razlika predstavlja apsorpciju izmjenog nanosa bojila i prikazuje se na ekranu.

Za mjerenje otiska koriste se refleksi denzitometri. Gustoća obojenja mjeri se na 100% otisnutim tiskovnim elementima, kao i u željenim rastertonskim područjima. Izmjerene vrijednosti moguće je izraziti u obliku: krivulja reprodukcija, relativnog tiskarskog kontrasta, trapinga, sivoće i greške tona.



Slika 11. Prikaz rada denzitometra

2.4.2. Kolorimetrija

Egzaktno uspoređivanje obojenja punog tona bazirano je na denzitometrijskim mjerenju gustoće obojenja, unutar tiska jedne naklade koja je otisnuta sa konkretnim tiskarskim strojem, na konkretnoj tiskovnoj podlozi i s konkretnim tiskarskim bojilom. Proizvođači grafičkih bojila i papira nemaju u potpunosti ujednačene proizvodne procese, što u tiskarskoj praksi rezultira otiscima različitih denzitometrijskih karakteristika. Denzitometrijsko mjerenje je danas pogodno za kontrolu mjerenja unutar tiska jedne naklade.

Spektrofotometri su mjerni uređaji koji cjelovito opisuju obojenje. Za razliku od denzitometra, spektrofotometrima određujemo: dominantne valne duljine, zasićenje i svjetlinu obojenja. Najčešće korišteni sustav opisivanja obojenja je CIE Lab sustav. Na temelju izmjerenih vrijednosti ova tri parametra određuju se 3D koordinate u prostoru boja. Koordinate obojenja moguće je uspoređivati s bilo kojim obojenim uzorkom (original, probni otisak, otisak iz naklade) bez obzira na tiskovne podloge, tip grafičkog bojila i tiskarskog procesa.

Pri analizi primjenjuje se CIE ΔE formula kojom se izračunava razlika u obojenju.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

Na temelju dobivenih rezultata moguće je direktno odrediti i kvalitetu reprodukcije. Pritom se koristimo tablicom 1.

Tablica 1. Vizualna valorizacija razlike u obojenju:

ΔE	opis
0 – 1	veoma mala razlika
1 – 2	mala razlika
2 – 3,5	srednja razlika
3,5 – 5	velika razlika
> 5	značajna razlika

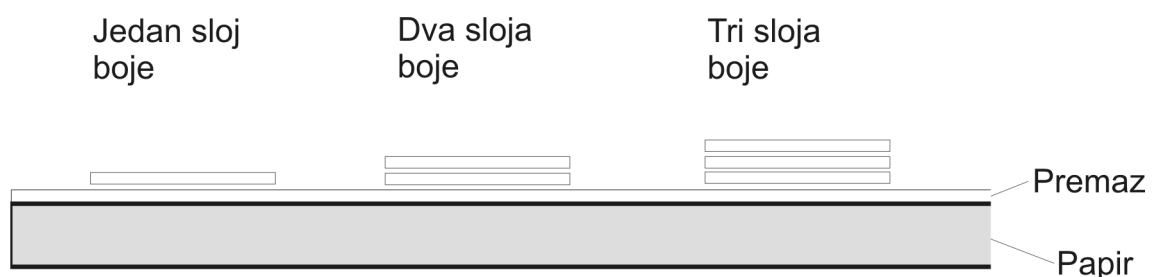
3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. METODOLOGIJA RADA

Cilj ovog rada je utvrditi kako se reproduciraju osnovne procesne boje u elektrofotografiji, nastale jednostrukim, dvostrukim i trostrukim otiskivanjem jedne na drugu. Na žalost ovaj način otiskivanja nije moguć kod tandem tiskovnih konstrukcija već samo kod satelitskih strojeva kao što je HP indigo. Softverskim unapređenjem moguće je tako jednu separaciju teoretski ponoviti i do 100 puta.

Početna faza u izradi ovog diplomskog rada je konstrukcija tiskovne forme u digitalnom obliku. Ona sadržava sljedeće elemente: 378 obojenih polja (za izradu profila), stepenaste klinove od 10 do 100 % RTV-a u koraku od 10 % (za računanje RTV-a, prirasta RTV-a i gustoće obojenja) i standardne ISO ilustracije za vizualnu ocjenu kvalitete obojenja.

Slijedio je proces ripanja gdje se PDF datoteka pretvara u 4 bitnu separaciju čija je linijatura 144 lpi. Otiskivanje je izvršeno na elektrofotografskom stroju HP indigo serije 1000 u nakladi od 180 primjeraka na papiru za umjetnički tisak (300 g/m² symbol glossy). Pritom je variran broj ponovljenih separacija (1, 2, 3) kojom je proizvedeno 12 kombinacija otisaka u nakladi od 15 komada.

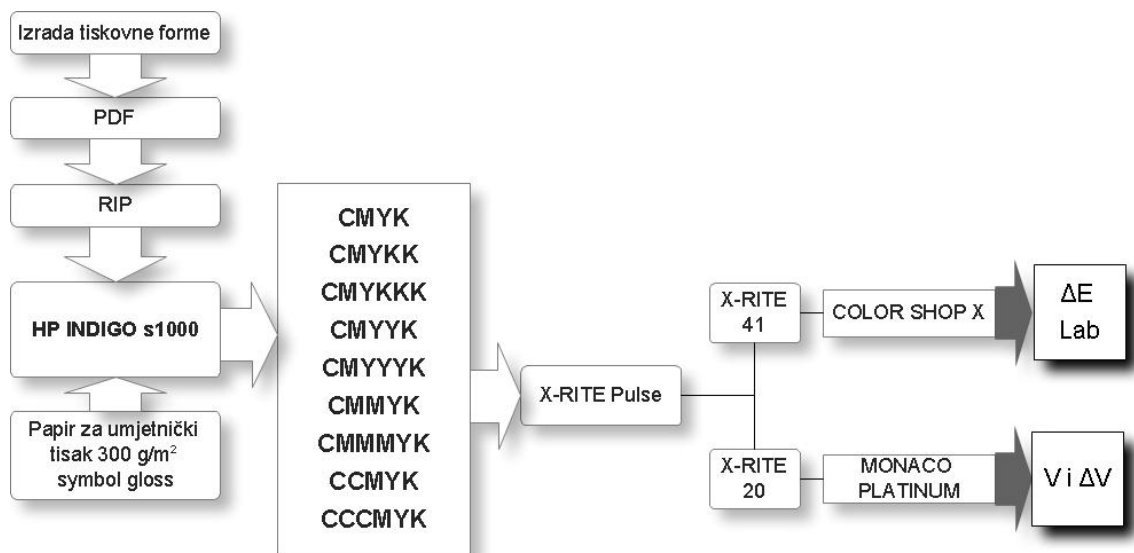


Slika 12. Teorijski idealno otiskivanje sa jednostrukim, dvostrukim i trostrukim ponavljanjem

Denzitometrijska i spektrofotometrijska mjerenja napravljena su X-rite uređajem DTP 41 i DTP 20. Izmjerene vrijednosti obrađene su softverima Monaco platinum i Color Shop X, te su prikazane grafički pomoću aplikacije Origin.

Problem koji se ovdje pojavljuje je preciznost registra i sušenje otiska. Veliki nanosi omogućuju veću pigmentaciju u punim tonovima, ali i neželjeno reproduciranje svijetlih rasterskih tonova. Također problem je i u teškom sušenju elektrofotografskog bojila, koji zahtjeva visoku temperaturu pri sušenju, te pri velikom nanosu ne može ostvariti jednolično prihvaćanje za tiskovnu podlogu.

Općenito vrijedi pravilo više nanesenog pigmenta, veća gustoća obojenja i veći kontrast. Gdje je optimalna granica za vezivanje tonera sa stanovišta kolorimetrije, bit će analizirano u ovom radu. Također odredit će se što se dešava sa otiskom kada prođe te maksimalne vrijednosti. Tiskovna podloga pritom ima vrlo važnu ulogu.



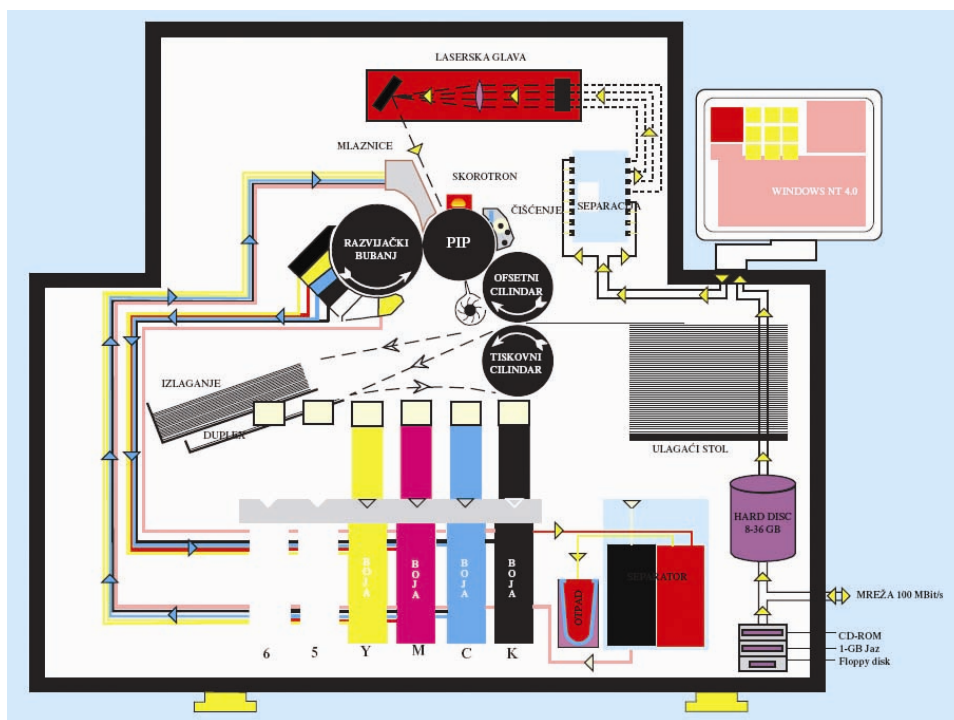
Slika 13. Shematski prikaz eksperimenta

3.2. KORIŠTENA OPREMA

3.2.1 HP indigo S1000

Indigo E-print je standardni četverbojni tiskarski stroj (slika 14), koji može biti dodatno opremljen s dva uređaja za obojenje. Uređaji za obojenje ugrađeni su uz tiskovnu jedinicu, koja svojim dimenzijama ne zauzima veći prostor.

Indigo u svojoj konstrukciji sadrži prijenosni cilindar, tako da svojim načinom otiskivanja spada u indirektnu tehniku tiska. Instalacijom uređaja za preokretanje araka na Indigu je omogućeno i obostrano otiskivanje.



Slika 14. Shematski prikaz tiskarskog stroja HP Indigo s1000

Osnovne karakteristike HP indiga serije 1000 dane su u tablici 2.

Tablica 2. Tehničke karakteristike HP indiga s1000:

Veličina slike	max. 308 x 437 mm
Veličina papira	max. 320 x 464 mm
Brzina tiska	60 cm po sekundi
Produktivnost	8000 jednobojnih A4 otisaka na sat 2000 četverbojnih A4 otisaka na sat
Rezulucija	812 dpi
Protok podataka	600 Mbit/sec
Ulazni formati	Adobe PostScript, PDF
Automatski obostrani otisak	
Procesor	SUN ultra 2
CPU RAM	2x 64 MB
Memorija oslikavanja	128 MB
Hard disk	4 GB
Umreženje	100 Base-T
RIP	Adobe PostScript 2
Vanjski uređaji	15" monitor CD-ROM Floppy drive JAZ drive
Mogući dodaci	Automatsko preokretanje araka Elektronsko sabiranje Personalizacija Visoka definicija slike (HDI) IndiCrome 5 i 6 bojni tisak

3.3. MJERNI UREĐAJ

3.3.1 X-rite Pulse

Spektrofotometar X-rite Pulse je laboratorijski spektrofotometrijski uređaj kojim je moguće precizno odrediti obojenje. Samostalno uređaj nije sposoban za rad, već ga je potrebno spojiti na računalo.

Veza korisnika i uređaja ostvarena je pomoću aplikacije ColorShop X, kojom je moguće izvesti slijedeća mjerenja: gustoće obojenja statusom A, gustoće obojenja statusom E, gustoće obojenja statusom M, gustoće obojenja statusom T, RTV-a, Lab, XYZ, xyY, LCh, Luv, RGB, PANTONE uzoraka, razlika između uzoraka, spektralne refleksije i spektralne transmisije.



Slika 15. Spektrofotometar X-rite Pulse

Tablica 3. Tehničke karakteristike X-rite Pulse:

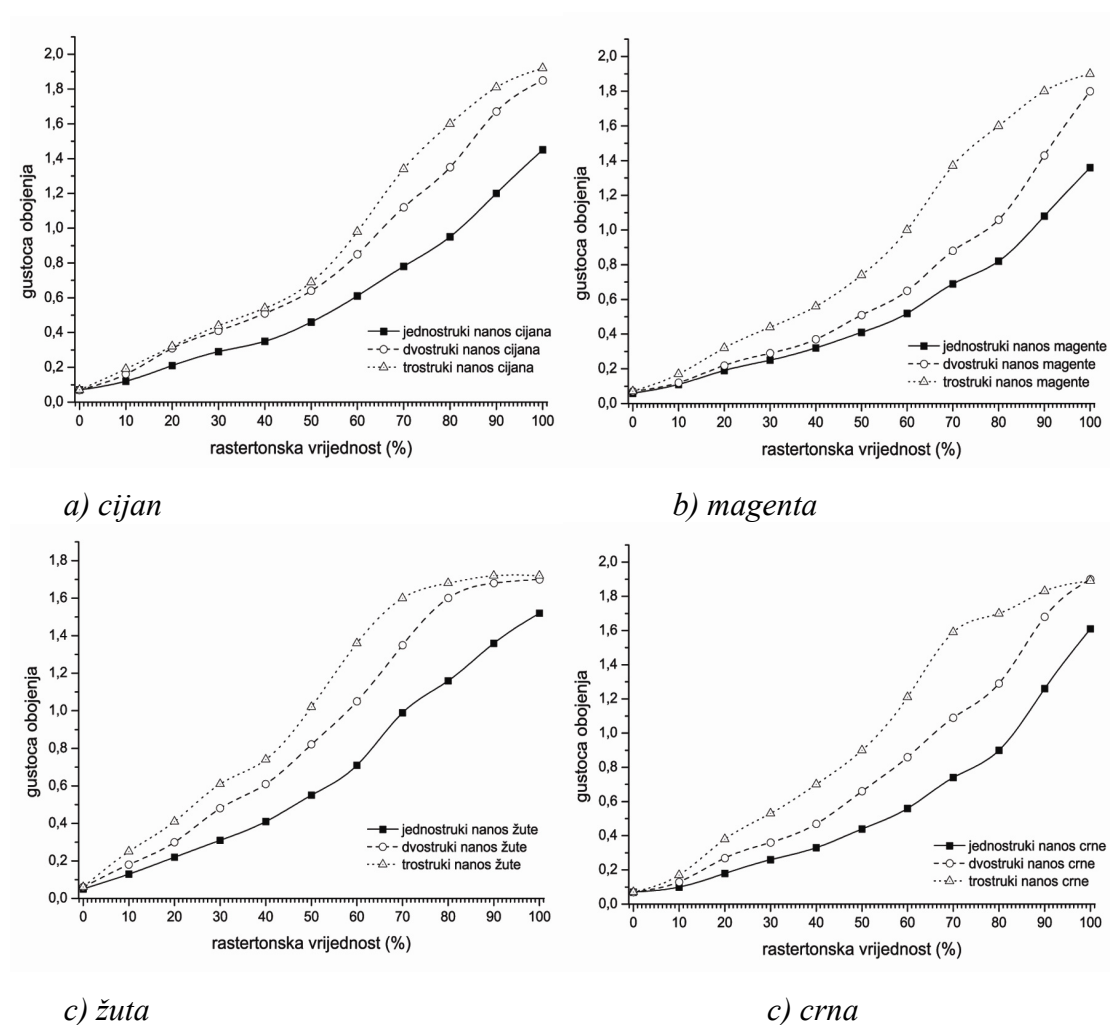
Točnost	<1ΔE max., <5 prosjek
Spektralni senzor	DRS tehnologija
Spektralni opseg mjerenja	400 - 700 nm
Ponovljivost	0,2 ΔE max
Brzina mjerenja	2 s po mjerenju
Interno instrumentsko slaganje	<1ΔE max., <0,5 prosjek
Mjerna geometrija	45% ANSI i ISO standard
Izlaz	31 točka spektralnih podataka, kolorimetrijski podaci statusa (T, I, A i E)
Dimenzije / masa	6,9 x 7,6 x 13,7 cm / 340 g
Izvor svjetlosti	A, C, D ₅₀ , D ₅₅ , D ₆₅ , D ₇₅ , F ₂ , F ₇ , F ₁₁ , F ₁₂
Kut promatranja po CIE	2°, 10°
Mjerni zaslon	4 mm

4. REZULTATI I DISKUSIJA

4.1. DENZITOMETRIJSKI REZULTATI

Nakon definiranja metodologije rada izvršena je praktična izvedba eksperimenta. Otisci dobiveni otiskivanjem na HP indigu s1000 mjereni su spektrofotometrijskim uređajem X-rite DTP20 Pulse. Denzitometrijskim mjerenjem i matematičkim izračunom dobiveni su rezultati koje možemo prikazati: odnosom gustoće obojenja i rastertonske vrijednosti (D/RTV) i prirastom rastertonske vrijednosti (Z).

Ovisnost gustoće obojenja (D) osnovnih procesnih boja, za jednostruki dvostruki i trostruki nanos, o rastertonskoj vrijednosti (RTV) prikazana je na slici 16.



Slika 16. Ovisnost optičke gustoće obojenja (D) o rastertonskoj vrijednosti (RTV) za indigo otisak

Promatrajući grafove, vidimo da se sa povećanjem nanosa boje povećava i gustoća obojenja. Tako je gustoća obojenja za jednostruki nanos cijana kod 100% RTV-a $D_{100}=1,45$, za dvostruki nanos $D_{100}=1,85$, dok kod trostrukog nanosa iznosi $D_{100}=1,92$. Što znači da povećanjem nanosa sa dvostrukog na trostruki nismo dobili puno veću gustoću obojenja za puni ton.

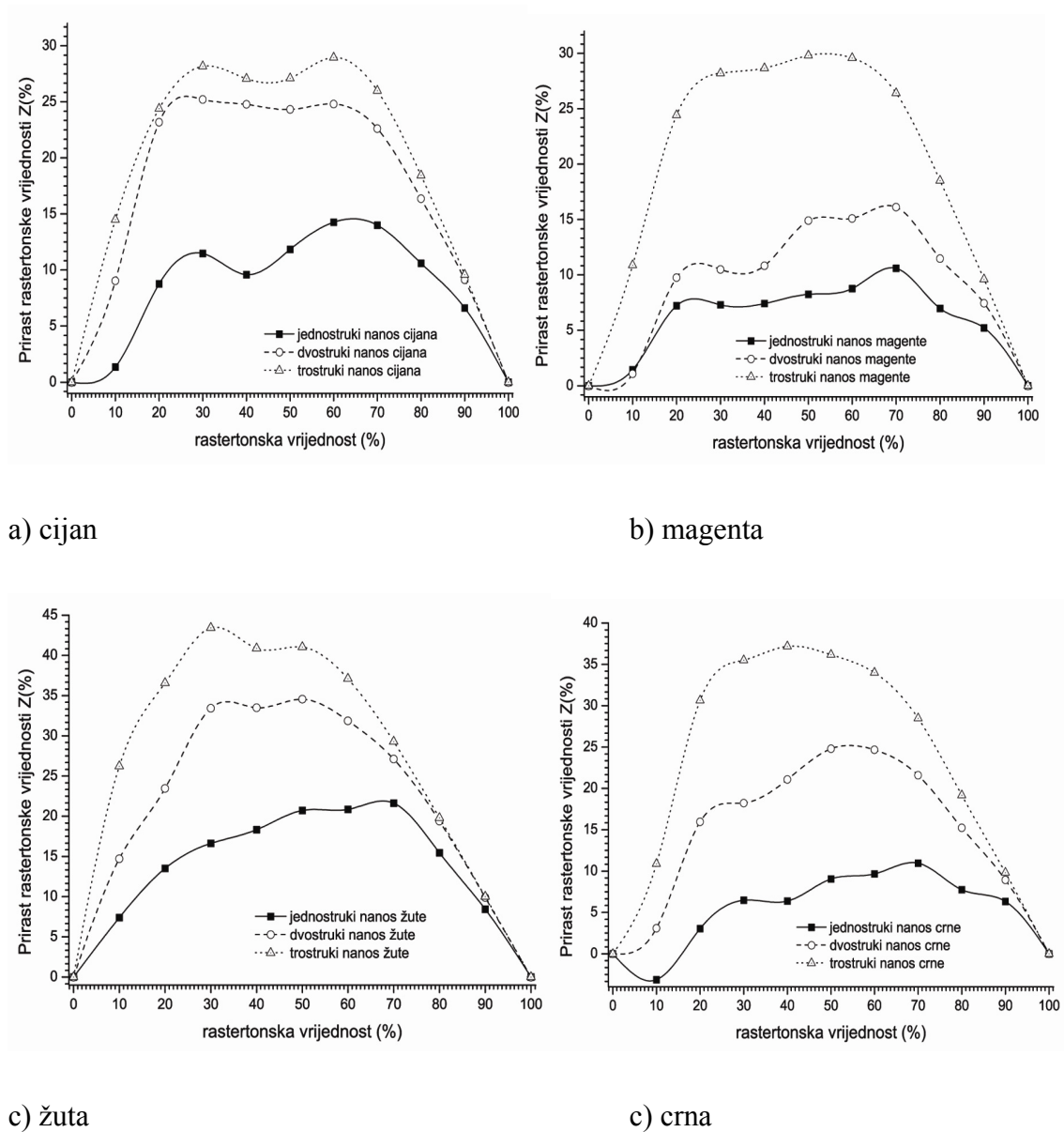
Kod magente se također sa povećanjem nanosa boje, povećava i gustoća obojenja. Najveće povećanje gustoće obojenja između jednostrukog i dvostrukog nanosa je kod 100% RTV-a a iznosi 0,44, dok se za trostruki nanos gustoća povećava na $D_{100}=1,90$, što je za 0,54 veće od gustoće obojenja kod jednostrukog nanosa. Ali trostrukim nanosom magente, nema velike razlike u gustoći obojenja od dvostrukog nanosa. Tek za malih 0,1.

Promatrajući graf 100% žute boje, primjećuje se da gustoća obojenja iznosi $D_{100}=1,52$ za jednostruki nanos, kod dvostrukog nanosa gustoća obojenja iznosi $D=1,7$, dok je kod trostrukog nanosa bojila gustoća obojenja $D_{100}=1,72$. Odnosno vrijednosti gustoće obojenja se gotovo izjednačuju za puni ton žute boje.

Kod crne boje najveća razlika gustoće obojenja je za 70% polje RTV-a a iznosi velikih 0,9 između jednostrukog i trostrukog nanosa crne boje. A za puni ton kod jednostrukog nanosa boje je gustoća obojenja $D_{100}=1,61$, kod dvostrukog i trostrukog nanosa crne gustoća obojenja je gotovo jednaka i iznosi $D_{100}=1,90$.

Promatrajući grafove cijana i magente, primjećuje se da kod manjih rastertonskih vrijednosti (do 50%) nema većih razlika u gustoći obojenja. Posebno je vidljivo da su vrijednosti kod cijana između dvostrukog i trostrukog nanosa gotovo identične, što je situacija i kod jednostrukog i dvostrukog nanosa magente.

Na slici 17. su prikazani grafovi prirasta rastertonskih vrijednosti za svaku od osnovnih boja za jednostruki, dvostruki i trostruki nanosa bojila.



Slika 17. Prikaz kretanja prirasta rastertonske vrijednosti (Z) za CMYK indigo otisak

Iz sva četiri prikaza je vidljivo da najveći prirast RTV-a je kod žute boje. I to i za sva tri nanosa. Maksimalni prirast RTV-a (Z) kod jednostrukog nanosa žute boje je $Z_{70}=21.6\%$ (područje 70 % rastertonskog polja). Kod dvostrukog i trostrukog nanosa žute prirast RTV-a iznosi $Z_{70}=27.1\%$, odnosno $Z_{70}=29.3\%$

Za 70 % polje RTV-a najmanji prirast RTV-a kod jednostrukog nanosa je kod magente i iznosi oko $Z_{70}=10.6\%$. Kod jednostrukog nanosa crne boje najveći prirast je $Z_{70}=10.9\%$. Dok se kod jednostrukog nanosa cijana prirast RTV-a penje do $Z_{60}=14.6\%$ za vrijednost od 60 % RTV-a

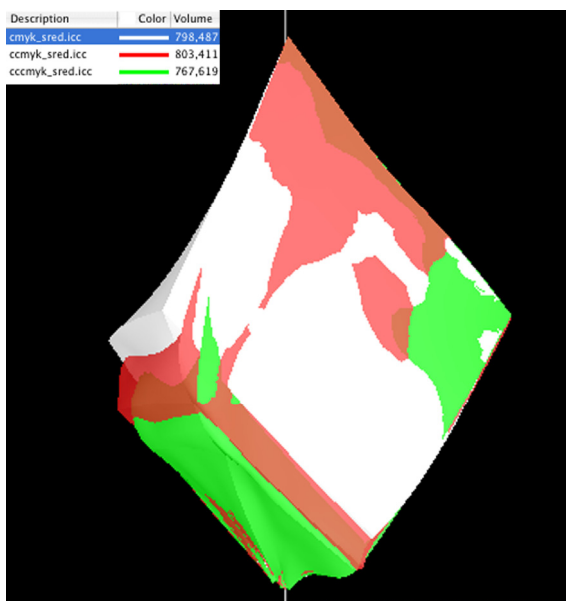
Kod dvostrukog nanosa najveći prirast je kod žute boje i on iznosi za 50% polje RTV-a $Z_{50}=34.5\%$. Najmanji prirast kod dvostrukog nanosa je kod magente, a iznosi $Z_{70}=16.1\%$. Kod crne boje je prirast RTV-a $Z_{50}=24.6\%$, dok je kod cijana najveći prirast RTV-a za 30 % vrijednost cijana prirast je $Z_{30}=25.2\%$.

Za trostruki nanos boje prirast kod 30% žutog polja RTV-a, je $Z_{30}=42.2\%$, što je najveći prirast od svih primarnih boja. Najmanji prirast RTV-a od primarnih boja je kod trostrukog nanosa cijana, a povećanje je od $Z_{60}=28.9\%$. Kod magente je najveći prirast $Z_{50}=29.8\%$, dok je kod crne najveći prirast $Z_{40}=37.1\%$.

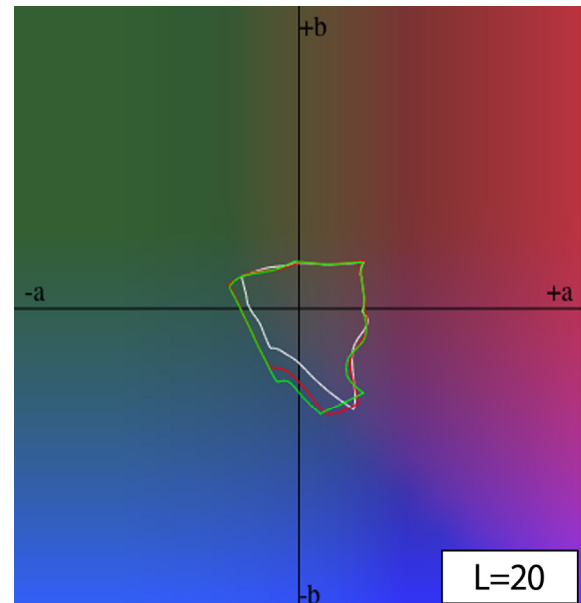
Iz grafova se primjećuje da je maksimum prirasta kod jednostrukog nanosa oko 70% vrijednosti RTV-a, kod dvostrukog nanosa područje maksimuma je veće i nalazi se od 50% do 70% RTV-a, dok kod trostrukog nanosa područje najvećeg prirasta RTV-a je u intervalu od 40-70%

4.2. SPEKTROFOTOMETRIJSKI REZULTATI

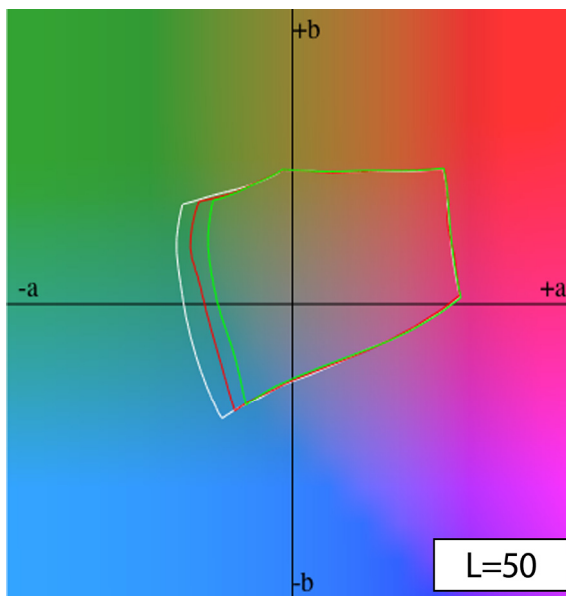
Rezultati spektrofotometrijskih mjerenja prikazani su i trodimenzionalnom i dvodimenzionalnom gamutskom obliku. Gamut je konstruiran mjerenjem 378 polja. Za pune tonove osnovnih procesnih boja (CMYK) izračunate su i razlike u obojenju ΔE CIE₂₀₀₀ Lab.



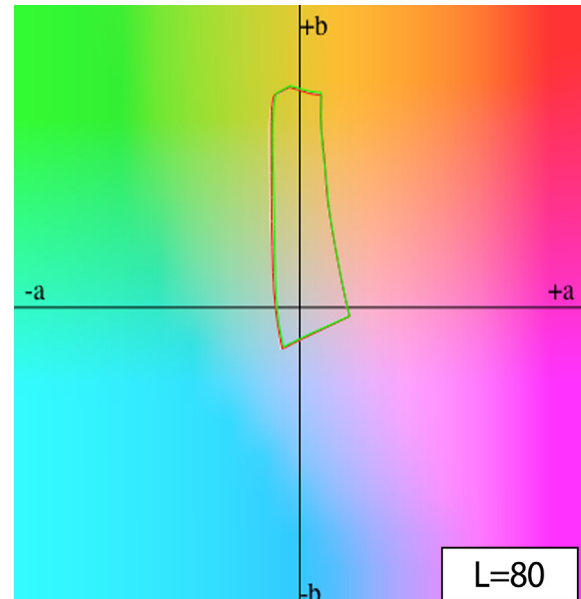
a) 3D gamuti otiska



b) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=20



c) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=50



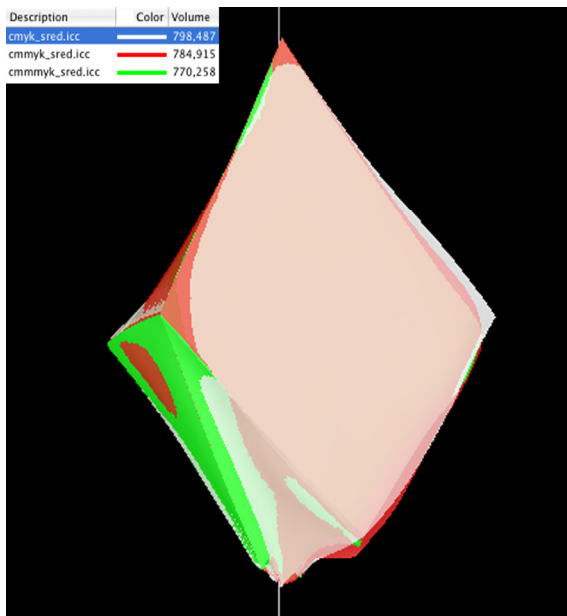
d) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=80

Slika 18. Prikaz gamuta za jednostruki, dvostruki i trostruki nanos cijana.

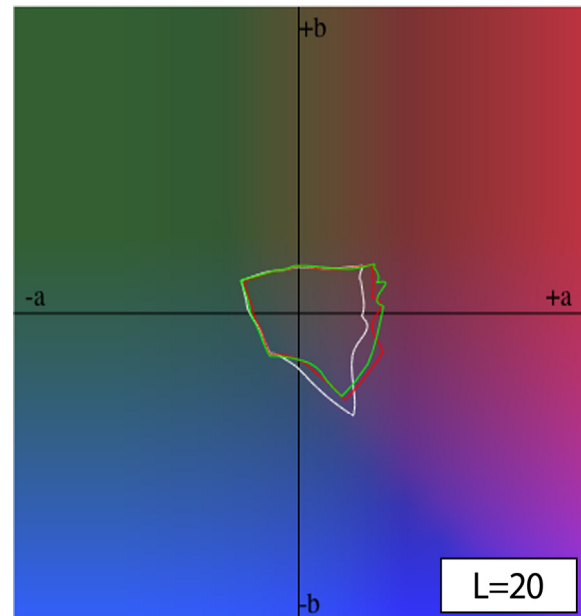
Prilikom promatranja razlike u gamutima jednostrukog, dvostrukog i trostrukog nanosa cijana, primjećujemo da je najveći prostorni volumen nastao sa dvostrukim otiskivanjem ($V=803,411$), što je veće za 4,924 od jednostrukog nanosa ($V=798,487$). Dok je kod trostrukog nanosa cijana prostorni volumen pada na $V=767,619$.

To se događa zato što je kemizam boje prilagođen za prihvaćanja na tiskovnu podlogu čija je površina izglacana sa premazima. Nanos sljedećeg bojila na otisnutoj površini na žalost više ne može biti tako uspješan zbog nejednakosti površine. Primarne boje se tako ipak bolje otiskuju, ali sekundarne i tercijarne na žalost ne. Hrapava prethodno otisnuta površina ne može više biti kvalitetno obojena što stvara pruge i kraterne.

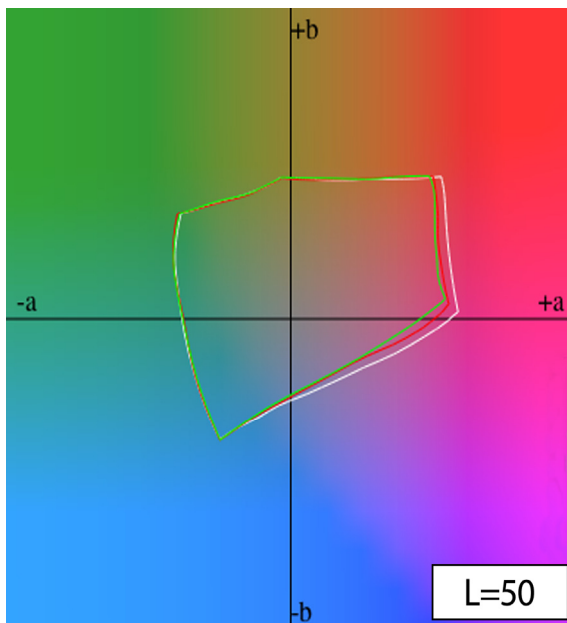
Promatrana su i tri karakteristična presjeka (svjetloća $L=20$, $L=50$ i $L=80$) gamuta. Kod njih se uočava da u presjeku po sredini gamuta ($L=50$) ima najveću reproducionu površinu (jednostruki nanos), nakon čega slijedi dvostruki pa trostruki nanos. Najveće promjene nastaju na koordinati -a, odnosno u zelenom dijelu spektra. U svjetlijim tonovima ($L=80$) presjek gamuta je gotovo jednak kod svih nanosa. Dok su površine gamuta nešto veće za dvostruki i trostruki nanos u tamnijim tonovima ($L=20$) od površine jednostrukog nanosa.



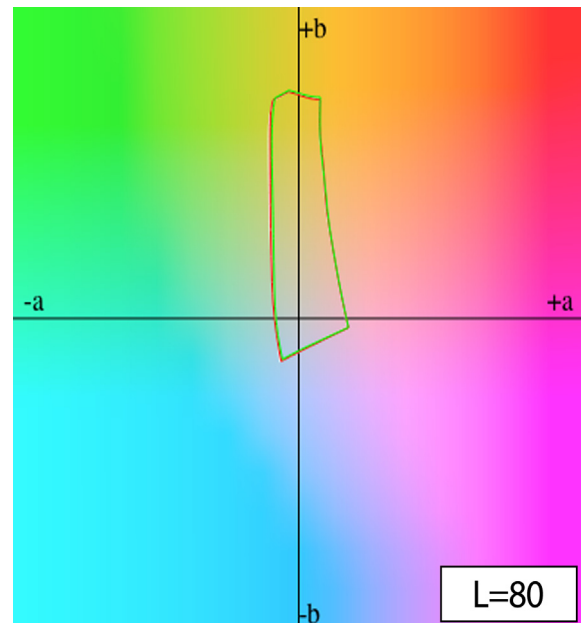
a) 3D gamuti otiska



b) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=20



c) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=50

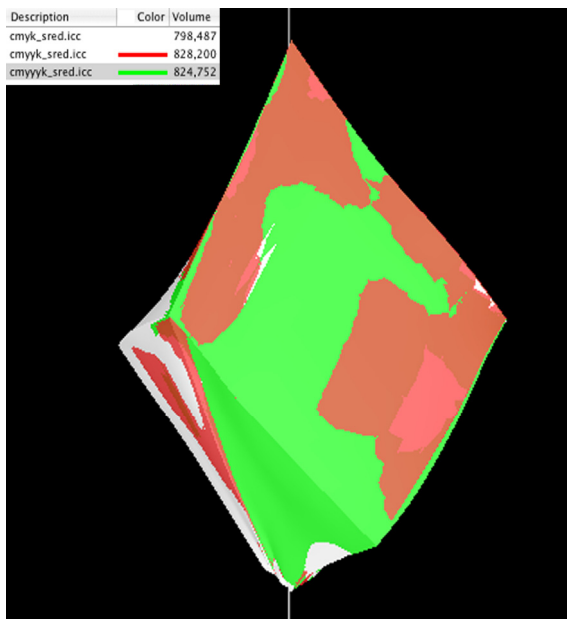


d) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=80

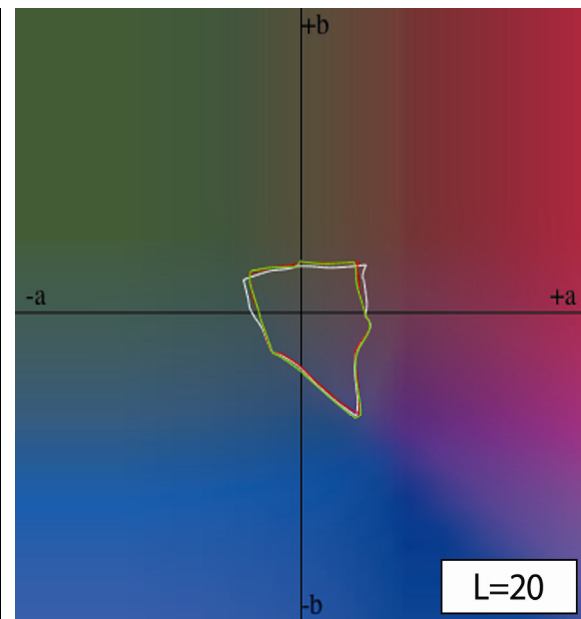
Slika 19. Prikaz gamuta za jednostruki, dvostruki i trostruki nanos magente.

Promatrajući razlike u gamutima jednostrukog, dvostrukog i trostrukog nanosa magente (slika 19.), primjećujemo da je najveći prostorni volumen kod jednostrukog nanosa $V=798,487$, kod dvostrukog nanosa volumen je malji $V=784,915$. Dok je kod trostrukog nanosa magente prostorni volumen najmanji i iznosi $V=770,258$.

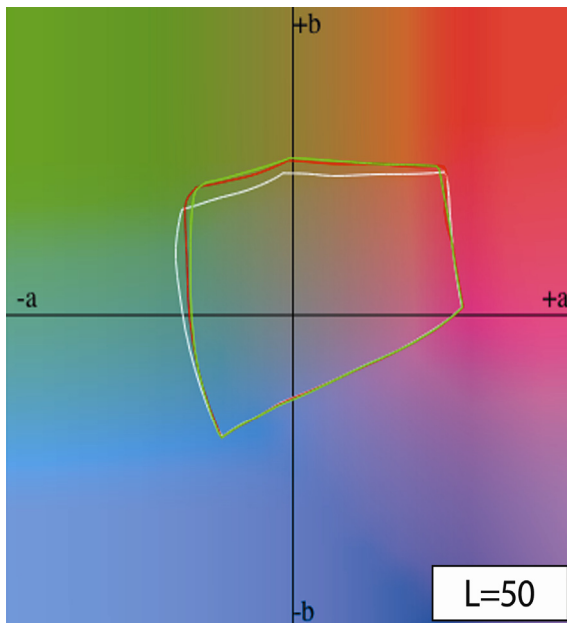
Promatrajući tri karakteristična presjeka ($L=20$, $L=50$ i $L=80$) gamuta, uočava se da u presjeku po sredini gamuta ($L=50$) najveću reproducionu površinu ima jednostruki nanos, nakon čega slijedi dvostruki pa trostruki. A najveća i vidljiva razlika je u +a, odnosno crvenom dijelu spektra. U svjetlijim tonovima ($L=80$) presjek gamuta je gotovo jednak kod svih nanosa. Dok su površine gamuta nešto veće u crvenom dijelu spektra za dvostruki i trostruki nanos u tamnijim tonovima ($L=20$) od površine jednostrukog nanosa.



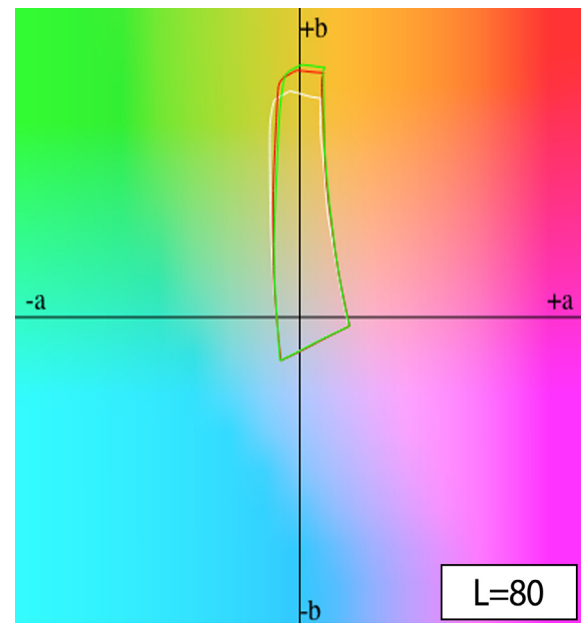
a) 3D gamuti otiska



b) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=20



c) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=50

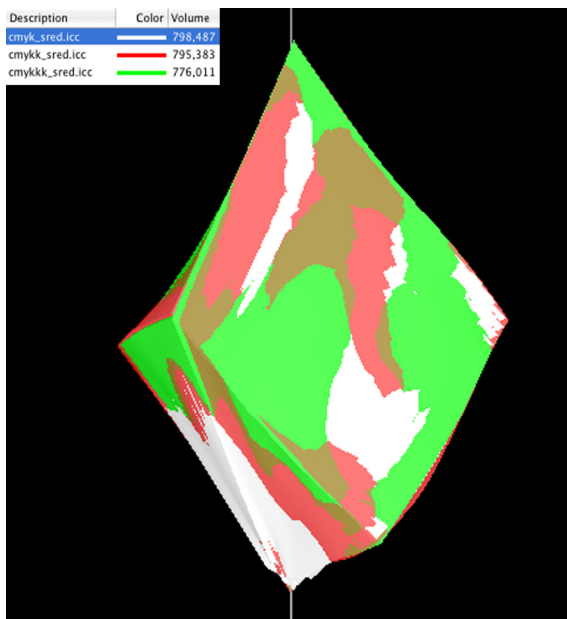


d) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=80

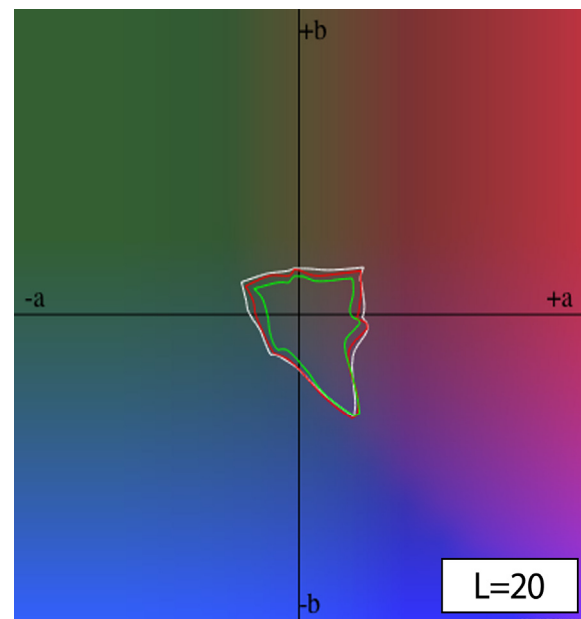
Slika 20. Prikaz gamuta za jednostruki, dvostruki i trostruki nanos žute boje.

Uspoređujući gamute kod jednostrukog, dvostrukog i trostrukog nanosa žute, primjećujemo da je najveći prostorni volumen kod dvostrukog nanosa $V=828,200$, zatim slijedi volumen trostrukog nanosa ($V=824,752$), koji je za 3,448 gamutne jedinice manji od dvostrukog. Dok je kod jednostrukog nanosa žute prostorni volumen najmanji i iznosi $V=798,487$.

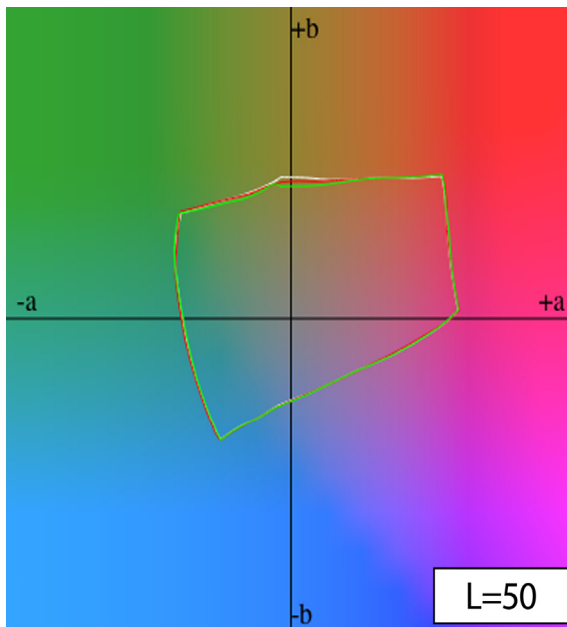
Promatrajući tri karakteristična presjeka ($L=20$, $L=50$ i $L=80$) gamuta, uočava se da u presjeku po sredini gamuta ($L=50$) uočava se da je dvostruki i trostruki nanos reproduciraju bolje tonove žute boje (odnosno najveća razlika je na +b koordinati), dok jednostruki nanos nešto bolje zelene tonove (na -a koordinati). U svjetlijim tonovima ($L=80$) jednostruki nanos daje najmanju površinu reprodukcije i to baš u žutim tonovima. U tamnijim tonovima ($L=20$) od površine su podjednake.



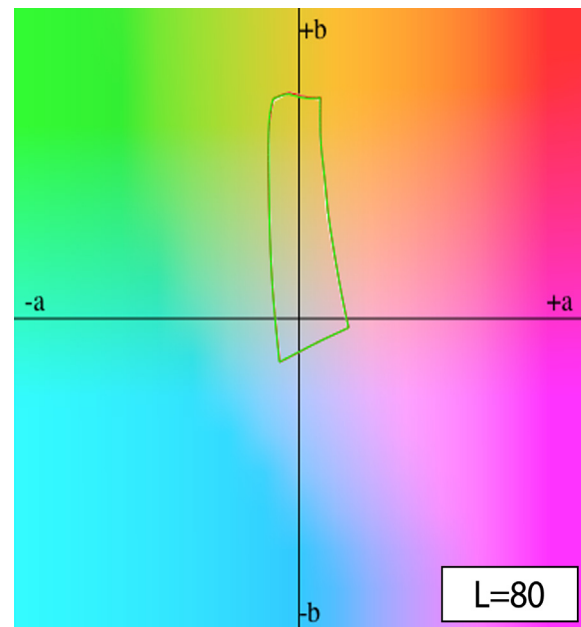
a) 3D gamuti otiska



b) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=20



c) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=50



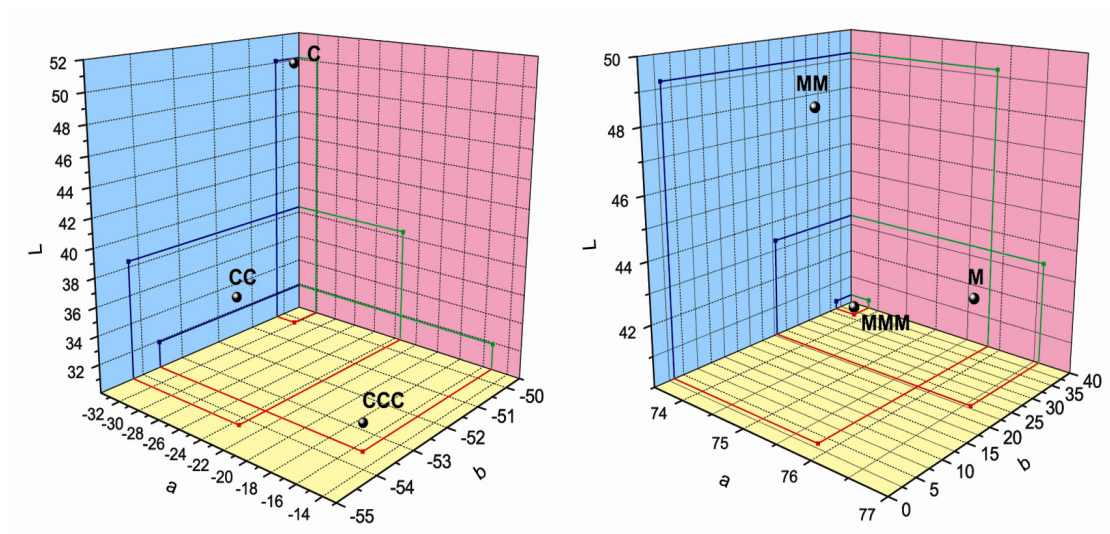
d) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=80

Slika 21. Prikaz gamuta za jednostruki, dvostruki i trostruki nanos crne.

Prilikom promatranja razlike u gamutima jednostrukog, dvostrukog i trostrukog nanosa crne boje, primjećujemo da je najveći prostorni volumen kod jednostrukog nanosa $V=798,487$, što je za 3,104 gamutne jedinice veće nego kod dvostrukog nanosa ($V=795,383$). Dok je kod trostrukog nanosa crne prostorni volumen pao na $V=776,011$.

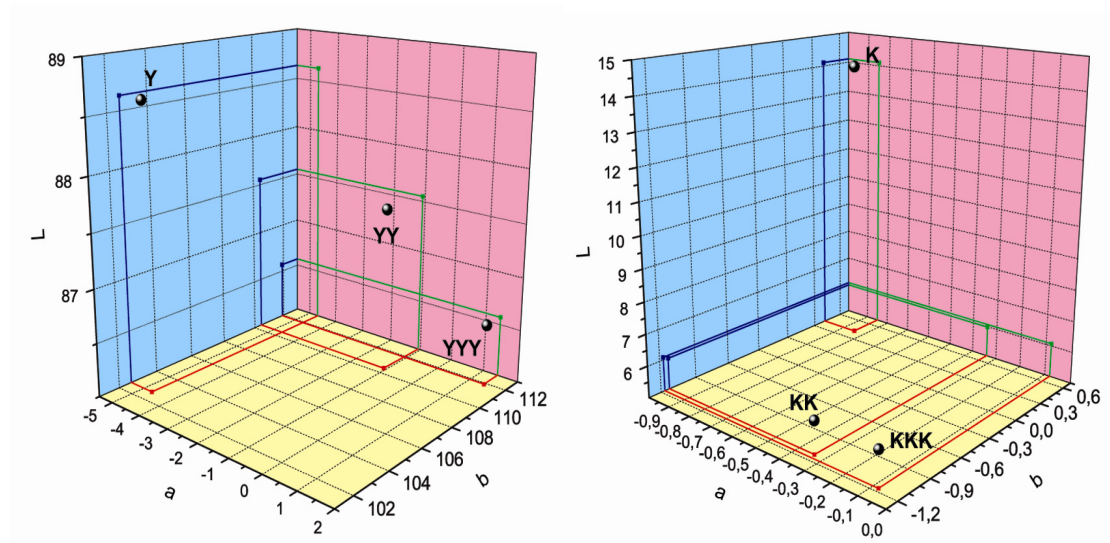
Gledajući tri karakteristična presjeka (svjetloća $L=20$, $L=50$ i $L=80$) gamuta. Uočava se da u presjeku po sredini gamuta ($L=50$) i u svijetlim ($L=20$) presjek gamuta je gotovo jednak kod svih, a uočavaju se tek male razlike na +b koordinati (žuta boja). A najveće razlike se uočavaju u tamnijim tonovima,, što je vidljivo u presjeku $L=80$. Gdje je površina jednostrukog nanosa najveća, zatim slijede površine dvostrukog, pa trostrukog nanosa.

Kolorimetrijske vrijednosti otisnutih otisaka prikazane su u prostornim djelovima L*a*b dijagrama.



a) cijan

b) magenta



c) žuta

d) crna

Slika 22. 3D presjeci Lab dijagrama koji prikazuju razlike između punih tonova (ΔE)

Spektrofotometrijski izmjerene vrijednosti 100% otisnute površine za cijan, magentu i žutu i crnu. Iz navedenih vrijednosti izračunate su razlike u obojenju pomoću formule za ΔE_{2000} između jednostrukog, dvostrukog i trostrukog nanosa tih boja.

Najmanje razlike u obojenju (ΔE_y) između jednostrukog i dvostrukog nanosa su kod žute boje, a iznosi $\Delta E_{yy-y} = 2,4$. Razlika između jednostrukog i trostrukog nanosa žute je $\Delta E_{yyy-y} = 3,7$, dok je razlika u obojenju između dvostrukog i trostrukog nanosa vrlo malih $\Delta E_{yyy-yy}=1,4$.

Najveća je razlika u obojenju kod cijana. ΔE između jednostrukog i dvostrukog nanosa je 11,7, između jednostrukog i trostrukog $\Delta E_{ccc-c}=18$, a između dvostrukog i trostrukog nanosa cijana $\Delta E_{ccc-cc} = 6,6$.

Razlike kod magente su nešto manje nego kod cijana, ali i dalje iznosi između jednostrukog i dvostrukog nanosa velikih $\Delta E_{mm-m}=10$. Između jednostrukog i trostrukog je razlika $\Delta E_{mmm-m}=16,7$, dok je razlika u obojenju između dvostrukog i trostrukog nanosa cijana $\Delta E_{mmm-mm}=6,9$.

Kod crne boje razlike između jednostrukog i dvostrukog nanosa su gotovo jednake kao i kod jednostrukog i trostrukog nanosa, ΔE je oko 5,3. Odnosno razlika između dvostrukog i trostrukog nanosa je minimalna i iznosi svega $\Delta E_{kkk-kk}=0,3$.

5. ZAKLJUČAK

Iz provedenog istraživanja može se zaključiti da se isplati tiskati samo dvostrukim nanosom, ukoliko se želi dobiti bolji otisak. Dvostrukim nanošenjem boje na boju, povećava se gustoća obojenja, i to kod cijana i magente za oko 0,4. Dok se kod žute i crne boje gustoće obojenja povećava za 0,2. Sa trećim otiskivanjem boje na dvostruki otisak gustoća obojenja se vrlo malo povećava.

Zbog višestrukog otiskivanja općenito dolazi do povećanja rasterskih elemenata. Pritom dolazi do maksimalnog povećanja RTV-a kod 30% žute ($Z_{30y}=42,2\%$). Najmanji prirasti RTV-a su formirani kod magente i cijana koji su u području od 60% iznose $Z_{60}=30\%$.

Višestrukim otiskivanjem dolazi i do promjena u volumenu kolornog gamuta. Dvostrukim otiskivanjem volumen se najviše povećava kod žute boje (povećanje iznosi $\Delta V_y=4,924$ gamutne jedinice). Kod dvostrukog otiskivanja volumen se reducira u tamnim i magentnim područjima. Trostrukim otiskivanjem nije dobiven kolorni volumen veći nego kod dvostrukog otiskivanja, veće je kod svih primarni boja trostrukim otiskivanjem volumen je smanjen.

Razlike u boji su vizualno vidljive, a najveće promjene između jednostrukog i dvostrukog nanosa su kod cijana $\Delta E_c = 11,7$, zatim slijedi magenta $\Delta E_m=10$, pa crna $\Delta E_k=5,4$, a najmanja razlika u obojenju je kod žute boje $\Delta E_y=2,4$. Najveća razlika između trostrukog i jednostrukog nanosa također je kod cijana i iznosi $\Delta E_c=18$. Nešto manji ΔE je kod magente i iznosi $\Delta E_m=16,7$, ΔE za crnu je 5,4, dok je kod žute $\Delta E_y=3,7$

* * *

Preporuča se da se kod otisaka koji zahtijevaju veću gustoću obojenja ne tiskaju sa trostrukim nanosom ili višestrukim nanosima, jer ne postoji učinak vidljiv oku. Pritom se povećava RTV u srednjim tonovima. Sa dvostrukim nanosom se mogu dobiti bolje karakteristike otiska, ali dolazi do povećanja RTV-a.

Samo kod jednotonskih višebojnih ilustracija postići će se vizualno zadovoljavajući efekt. Što se i preporuča grafičkim dizajnerima.

6. LITERATURA

1. Bolanča S.; Glavne tehnike tiska, Acta grafica, Zagreb, 1997.
2. Kipphan H.; Hand Book of Print Media, Springer, Berlin, 2001.
3. Majnarić I.; Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge, Magistarski rad, Zagreb 2004
4. Majnarić I. ; Studija indirektno elektrografije, Doktorska disertacija, Zagreb 2007
5. Fenton H. M., Romano F, J.; On Demand Printing, The revolution in Digital and Customised Printing, Prentice Hall, PTR, New Yersey, 1998.
6. Concepts of Basic Xerography, Xerox Corporation, 1999.
7. Johnson J. L.; Principles of Non-impact Printing, Palatino Press, Irvine (CA) 1998.
8. Electrophotography, Wikipedia-free encyclopedia,
<http://en.wikipedia.org/wiki/Electrophotography> 05.2.2009.
9. Delta E (CIE 2000), <http://www.brucelindbloom.com/index.html> 09.02.2009
10. Mesaroš F.; Grafička enclikopedija, Tehnička knjiga, Zagreb, 1970.
11. I. Majnarić, I. Bolanča, Z. Bolanča; Overview of the Surface Condition of Photoconductors by Image Analysis Method, MED 06 International, Conference on Materials, Energy and Design, Dublin 2006.