

Korelacija kvalitete definiranih parametara digitalnog i ofsetnog tiska

Alijagić, Maja

Master's thesis / Diplomski rad

2012

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:598324>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-22**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

MAJA ALIJAGIĆ

KORELACIJA KVALITETE
DEFINIRANIH PARAMETARA
DIGITALNOG I OFSETNOG TISKA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2012

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

MAJA ALIJAGIĆ

KORELACIJA KVALITETE
DEFINIRANIH PARAMETARA
DIGITALNOG I OFSETNOG TISKA

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
doc. dr. sc. Igor Zjakić

Student:
Maja Alijagić

Zagreb, 2012

SAŽETAK

Suvremena tehnologija svakim danom sve više preuzima ulogu čovjeka, kako u svim sektorima različitih djelatnosti tako i u grafičkoj. Napretkom tehnologija cilj je ubrzat i pojednostaviti proces proizvodnje grafičkog proizvoda. Poznate su prednosti ofsetnog tiska u odnosu na digitalni i obratno. Kvalitetna reprodukcija, mogućnost postizanja najoptimalnijih vrijednosti različitih parametara koji su uvjeti kvalitetne reprodukcije, odnosno bolji i precizniji sustav upravljanja bojila te upotreba tiskovnih podloga različitih gramatura jasne su prednosti ofsetnog tiska u odnosu na digitalni. Neke od osnovnih prednosti digitalnog tiska su personalizacija otiska i brzina otiskivanja. Digitalni tisak znatno pojednostavljuje tiskarski proces, te omogućuje otiskivanje malih naklada koje su neisplative za konvencionalnu tehniku tiska. Diplomski rad se bavi istraživanjem pomoću kojeg će se potvrditi pretpostavljena teza da je ofsetni tisak kvalitetniji u odnosu na digitalni. Unutar eksperimentalnog dijela mjereni su neki od osnovnih parametara na otiscima dobivenim konvencionalnom ofsetnom tehnikom tiska i na otiscima digitalnih tehnika elektrofotografije i ink jet-a. Optimalne vrijednosti mjerenih parametara su uvjet za kvalitetnu reprodukciju. Vizualna kontrola kvalitete i spektrofotometrijska mjerenja su jasno pokazala kako je ofsetna tehnika kvalitetnija u odnosu na digitalne tehnike tiska.

Ključne riječi: ofsetni tisak, digitalne tehnike tiska, kvaliteta otiska

SADRŽAJ

1	UVOD	4
2	TEORIJSKI DIO	5
2.1	OFSETNI TSAK	5
2.1.1	PRINCIP RADA OFSETNOG STROJA	6
2.2	DIGITALNI TISAK	8
2.2.1	DIGITALNE TEHNIKE TISKA	9
2.2.1.1	ELEKTROFOTOGRAFIJA S PRAŠKASTIM TONEROM	11
2.2.1.2	MICRO PIEZO INK JET TEHNOLOGIJA	14
2.3	DISTRIBUCIJA VIZUALNE INFORMACIJE	16
2.4	STANDARDIZACIJA OFSETNOG I DIGITALNOG TISKA	18
2.4.1	PROBNI OTISAK	21
2.5	KONTROLA KVALITETE TISKA	23
2.5.1	RASTER I RASTRIRANJE	24
2.5.1.1	DEFORMACIJA RASTERSKIH ELEMENATA	26
2.5.1.1.1	GEOMETRIJSKA DEFORMACIJA RASTERSKIH ELEMENATA	27
2.5.1.1.1.2	SMICANJE	27
2.5.1.1.2	OPTIČKA DEFORMACIJA RASTERSKIH ELEMENATA	28
2.5.1.2	PRIRAST RASTERTONSKIH VRIJEDNOSTI	28
2.5.1.3	KONTROLNI STRIPOVI	31
2.5.1.3.1	RASPON GUSTOĆE OBOJENJA	33
2.5.1.3.2	RELATIVNI TISKOVNI KONTRAST	35
3	EKSPERIMENTALNI DIO	36
3.1	PLAN RADA I METODE ISTRAŽIVANJA	36
4	REZULTATI I RASPRAVA ISTRAŽIVANJA	39
4.1	GRAFIČKI PRIKAZ REZULTATA	45
4.2	DISKUSIJA REZULTATA ISTRAŽIVANJA	53
5	ZAKLJUČCI	59
6	LITERATURA	61

1 UVOD

Tijekom studija mnogo puta se postavilo pitanje, kako između nas samih studenata tako i na različitim kolegijama, koje su prednosti i nedostaci ofsetnog tiska u odnosu na digitalni i obratno. Postavljala se pitanje kakva je budućnost konvencionalnog tiska i da li je kvaliteta istog i sam jamac da klasičan ofsetni tisak u konkurenciji s digitalnim neće opstat zbog mnogo bržeg i povoljnijeg procesa digitalnog tiska. Jedna od najvećih prednosti digitalnog tiska je svakako personalizacija otiska. Danas je to bitno, jer tržište se sve više usmjerava na potrebe i zadovoljenje pojedinaca. Razvitkom grafičke industrije i sve većom dostupnošću informacija i ostalih medija javlja se potreba za personaliziranim sadržajem. Digitalni tisak omogućava nastanak grafičkog proizvoda u okviru nećijih vlastitih, individualnih želja. Tehnologije digitalnog tiska vječno se uspoređuju s klasičnim tehnologijama ofsetnog tiska prema različitim parametrima kao što su kvaliteta otiska, brzina otiskivanja, upravljanje sustavom boja, upotreba različitih tiskovnih podloga. Nove tehnologije digitalnog tiska pomiču granicu dosadašnje percepcije u odnosu na ofset, međutim jasno je da kvalitetom, širom mogućnošću upotrebe tiskovne podloge različitih gramatura, boljim i preciznijim sustavom upravljanja bojila digitalni tisak zaostaje za konvencionalnim ofsetnim tiskom. Isto tako prilikom otiskivanja velikih naklada digitalni tisak cijenom nije konkurentan konvencionalnom tisku.

U ovom diplomskom radu će se pomoću konkretnih podataka, dobivenih mjerenjem nekoliko različitih parametara na ofsetnim i digitalnim otiscima, prikazat korelacija kvalitete digitalnog i ofsetnog tiska. Parametri koje ću mjeriti u eksperimentalnom dijelu diplomskog rada su jedni od najbitnijih u kontroli kvalitete otisaka. Kvalitetna kontrola tiska je danas standardizirana bez obzira na mnoge različite faktore koji utječu na sam proces nastanka grafičkog proizvoda. Kontrola kvalitete otisaka je uvjet za otiskivanje kvalitetne reprodukcije rasterskih elemenata. Iako je iskustvo jedno od najvažnijih ljudskih faktora, vizualna kontrola otisaka nije dovoljna za ostvarivanje visoko kvalitetnog grafičkog proizvoda. U eksperimentalnom dijelu diplomskog rada mjerenjima gustoće obojenja punog polja i polja s 70% rastertonskom vrijednošću prikazat će se relativni tiskovni kontrast i prirast rastertonske vrijednosti. Vizualnom kontrolom uočit će se da li je došlo do deformacije rasterskog elementa (smicanje) i smanjenja raspona gustoće obojenja.

2 TEORIJSKI DIO

2.1 Ofsetni tisak

Poznata je klasična podjela na konvencionalne i digitalne tehnike tiska. Ofsetni tisak je jedna od glavnih tehnika konvencionalnog tiska. Prilikom tehnološkog procesa izrade grafičkog proizvoda koristi se konvencionalna tiskovna forma, upravo je ta činjenica jedna od osnovnih prema kojima razlikujemo ofsetni i digitalni tisak.

Razlikujemo tri glavne tehnike konvencionalnog tiska, to su bakrotisak, fleksotisak i ofsetni tisak. Danas je ofsetni tisak tehnologija koja je najviše uznapredovala i koja ostvaruje otiske vrhunske kvalitete. Ofsetni tisak se koristi za otiskivanje većine grafičkih proizvoda, a cijenom je najkonkurentniji prilikom otiskivanja većih naklada. Ofsetni tisak ima mogućnost korištenja široke palete tiskovnih podloga kao što su papiri različitih gramatura i površina (hrapava površina), polukartoni, kartoni, sintetski materijali, pa čak i lim. Takva prednost ofsetnog tiska uvjetovana je gumenom navlakom na prijenosnom, ofsetnom cilindru, koja se ovisno o tvrdoći i kompresibilnosti izvrsno prilagođava različitim hrapavostima i kvalitetama tiskovnih podloga.

Ovisno o tehnici tiska razlikujemo kvalitetu rada i asortiman grafičkog proizvoda. Osjetna je razlika u kvaliteti i asortimanu grafičkog proizvoda između tiska na arke i tiska iz role. Tisak iz role se grana na novinski i revijalni tisak. Razlika između tiska iz arka i iz role je također i u pristupu radu, samoj brzini i kvaliteti otiskivanja koja se zasniva na konstrukcijskim rješenjima strojeva.

Ofsetni tisak je glavni predstavnik plošnog tiska, te spada u tehniku indirektnog tiska.

U ovom diplomskom radu otisci za potrebe mjerenja eksperimentalnog dijela diplomskog rada, otisnuti su tehnikom ofsetnog tiska iz arka.

Tehnikom ofsetnog tiska mogu se otiskivati formati različitih veličina (ovisno o formatu ofsetnog stroja) u jednoj, dvije ili više boja. Najčešći su otisci s četiri boje (CMYK), međutim nove tehnologije donose i strojeve koji omogućavaju otisak s dodatnim bojama u višebojnoj reprodukciji.

Ofsetnom tehnikom se otiskuju različite grafičke publikacije: knjige, časopisi, brošure, letci, plakati itd. Ofsetna tehnika služi i u tisku ambalaže (najčešće etiketa i sklopivih kutija).

2.1.2 Princip rada ofsetnog stroja

Kako je već spomenuto ofsetni tisak je indirektna tehnika tiska što znači da otisak ne dobivamo direktno s tiskovne forme, koja je stranično ispravna. Boja se, djelovanjem pritiska u tiskarskom stroju, prenosi s metalne tiskovne forme na gumenu (ofsetnu) navlaku, te zatim pomoću tiskovnog cilindra, na tiskovnu podlogu. Glavna karakteristika tiskovne forme plošnog tiska je da su tiskovni elementi i slobodne površine u jednakoj ravnini, što znači da ne postoji geometrijska razlika između tiskovnih elemenata i slobodnih površina kao kod ostalih tehnika tiska. Tiskovni elementi i slobodne površine se međusobno razlikuju prema fizikalno-kemijskim svojstvima što omogućava otiskivanje. Tiskovni elementi su istovremeno oleofilni i hidrofobni što znači da primaju boju, a slobodne su površine hidrofilne i oleofobne te adsorbiraju polarnu otopinu za vlaženje, a odbijaju boju. Na ofsetnu tiskovnu ploču se preko cijele površine nanosi otopina za vlaženje koja se prihvaća samo na hidrofilnim slobodnim površinama. Nakon toga se na cijelu površinu ploče nanosi bojilo koje se prihvaća samo na oleofilne tiskovne elemente. Tada ofsetni cilindar preuzima bojilo i bezbojnu otopinu za vlaženje s forme i prenosi ih na tiskovnu podlogu.

Kako se na tiskovne elemente nanosi jednoliki nanos boje, tiskovna forma za ofsetni tisak daje jednotonske otiske. Za reprodukciju višetonskih originala koristi se rasterska tehnologija.

Ofsetni stroj, kao i svi strojevi za tisak, je skup međusobno povezanih aparata i uređaja koji su podešeni za kvalitetno tiskanje na različite tiskovne podloge. Kako je već spomenuto dijelimo ih na strojeve za tisak iz arka i tisak iz role.

Strojeve za tisak iz arka prema formatu dijelimo na:

- » strojeve malog formata (max. arka 42 x 64 cm)
- » strojeve srednjeg formata (max. arak 64 x 100 cm)
- » strojevi velikog formata, veći strojevi od 64 x 100 cm.

Prema broju otisnutih boja u jednom prolazu strojeve dijelimo na:

- » jednobojni strojevi
- » dvobojni strojevi
- » četverbojni strojevi
- » peterbojni strojevi
- » šesterbojni strojevi
- » osmerbojni strojevi
- » deseterbojni strojevi. [1]

Suvremeni ofsetni strojevi uglavnom su građeni jednakim principom, temeljni dijelovi ofsetnog stroja su:

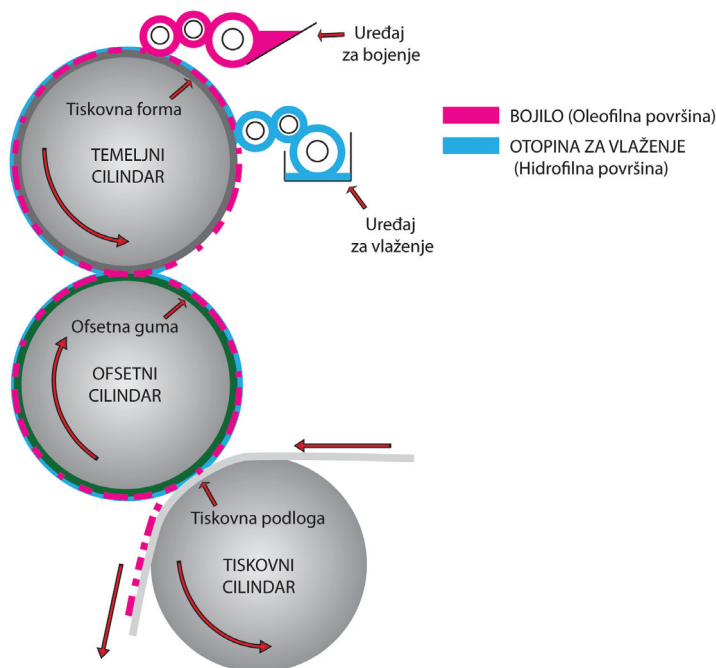
1. Aparat za ulaganje araka
2. Tiskovna jedinica - sustav cilindara
3. Uređaj za vlaženje tiskovne forme
4. Uređaj za obojenje tiskovne forme
5. Aparat za izlaganje
6. Komande i pogonski uređaj
7. Kontrolni sustavi

Tiskovna jedinica ofsetnog stroja se sastoji od 3 klasična cilindra: temeljni, ofsetni i tiskovni cilindar (Slika 1).

Temeljni cilindar je nositelj tiskovne forme. Izrađen je od lijevanog željeza s visokopoliranom plohom valjka na koji dolazi tiskovna forma.

Ofsetni cilindar posredno povezuje tiskovnu formu s tiskovnom podlogom, smješten je između temeljnog i tiskovnog cilindra. Na ofsetnom cilindru se nalazi ofsetna guma koja u izravnom kontaktu preuzima bojilo s tiskovne forme i ponovno u izravnom kontaktu prenosi bojilo na tiskovnu podlogu koju na sebi nosi tiskovni cilindar.

Tiskovni cilindar transportira tiskovnu podlogu kroz tiskovnu jedinicu i ostvaruje pritisak u tisku. [2]



Slika 1. Princip rada ofsetnog stroja

2.2 Digitalni tisak

Trenutačni trendovi, u okvirima grafičke tehnologije, su svakako rast popularnosti digitalnih tehnologija. U zadnjih nekoliko desetljeća pažnja je usmjerena na razvitak novih tehnologija, koje postaju konkurentne konvencionalnim tehnikama tiska. Tehnologije digitalnog tiska su se gotovo usavršile, međutim pitanja o isplativosti velikih naklada su zasigurno opravdana. Još uvijek nije pronađena ravnoteža između količine i cijene potrošnog materijala, te veličine i cijene naklade. Međutim digitalni tisak omogućava tiskanje ekonomski neisplativih naklada i ono najistaknutije danas, personalizaciju otisaka. Rad na digitalnom stroju zahtijeva kratku strojnu pripremu, uz brzu mogućnost otiskivanja nudi i povoljnu cijenu. U kratkom vremenskom roku, kupac može očekivat kvalitetan, personaliziran otisak. Upravo su nedostaci digitalnog tiska, prednost ofsetnog.

Ključni problemi kod tehnologija digitalnog tiska odnose se na postizanje kvalitete tiska/ispisa, kvalitetno upravljanje sustavom boja (*Color Management*) te mogućnosti upotrebe različitih medija za ispis i općenito stabilnosti ispisa kakva je prisutna kod ofsetnog tiska.

Grafička industrija, bez sumnje, postaje industrija multimedije. Klasičan konvencionalan tisak više nije dominantan, isto tako kako i tiskani mediji već odavno nisu jedini izvor informacija. Digitalni tisak je predstavnik nove, modernije grafičke tehnologije. Konkretno i temeljne prednosti digitalnog tiska su personalizirani i varijabilni tisak. Poslovi koji su podložni čestim korekcijama i promjenama, mnogo su isplativiji za digitalni tisak. Tehnologija digitalnog tiska omogućuje otiskivanje specifičnih zahtjeva i zadovoljenje konkretnih potreba pojedinih kupaca, omogućava obraćanje konkretnom pojedincu i promociju proizvoda određenom i ciljanom segmentu korisnika.

2.2.1 Digitalne tehnike tiska

Osnovna podjela i sami razvoj digitalnih tehnika tiska je u dvije različite tehnologije tzv. *Computer to Print* i *Computer to Press* tehnologiju. Zajednički temelj radnog postupka digitalnih tehnika tiska je računalno, direktno upravljanje radom digitalnog stroja.

Dokument obrađen i pripremljen za ispis u nekoj od grafičkih aplikacija (zajedno sa svim grafičkim elementima na njemu), pretvara se putem kontrolnog računala RIP-a (*eng. Raster Image Processor*) u elementarne točke ispisa ovisno o rezoluciji ispisa uređaja (postupak digitalne rasterizacije). Tako rastrirani dokument prosljeđuje se dalje u postupak ispisa (*Computer to Print*) ili postupak izrade tiskovne forme u samom uređaju te ispisa (*Computer to Press*). [3]

Computer to Press je tehnologija u koju svrstavamo digitalne strojeve koji su prema svojoj osnovi klasični tiskarski strojevi i izravno su povezani s računalom. *Computer to press* digitalni strojevi zadržali su komponente konvencionalne tiskarske jedinice. Karakterizira ih izrada standardne forme u samom tiskarskom stroju, nakon čega slijedi otiskivanje uvijek istog motiva. Osim konvencionalnih komponenti tiskarske jedinice, digitalni strojevi ovoga tipa, sadrže i uređaj za automatsko generiranje tiskovne forme (laserska glava spojena s računalom). Tiskovna ploča se nalazi na temeljnom cilindru i osvjetljava se direktno unutar stroja, odnosno tiskovna ploča se tek u stroju ispisuje pomoću laserske glave na svakoj tiskovnoj jedinici. Za razliku od ofsetne tehnike tiska gdje se osvjetljavanje ofsetne ploče vrši na CTP uređaju, a potom osvjetljene tiskovne ploče montiraju na ofsetni stroj, strojevi *Computer to press* osvjetljavaju svoje ploče unutar samog stroja. Glavne prednosti ove tehnologije su jedinstveni proces osvjetljavanja i automatizirano ulaganja ploča, takvo konstrukcijsko rješenje stroja omogućava da se otisnu povoljne male naklade u kratkom vremenskom roku.

Computer to Print

Pojam *Computer to print* odnosi se na sve one tehnologije otiskivanja koje u procesu proizvodnje ne koriste materijalnu tiskovnu formu, nego koriste tzv. latentnu tiskovnu formu koja se generira podacima dobivenim izravno iz računala. Informacije o grafičkim proizvodima u digitaliziranom su obliku, i mogu se vrlo lako modificirati i ponovno tiskati. Time se dobiva izravna ušteda vremena i novca.

Takvim načinom transferiranja podataka omogućeno je da praktički svaka slijedeća stranica u otiskivanju bude drugačija, odnosno da se stranice personaliziraju. [4]

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. *Non Impact Printing* je tehnologija beskontaktnog tiska. NIP tehnike otiskivanja svakodnevno se razvijaju (*Slika 2*), a ipak se najviše investira u strojeve koji rade principom elektrofotografije ili Ink Jet-a. [5]

U ovom diplomskom radu mjerenja, potrebna za eksperimentalni dio, će biti izvedena na otiscima nastalim tehnikom elektrofotografije i tehnikom Ink Jet-a.

Non Impact Printing (NIP)
Tehnologija beskontaktnog tiska

ELEKTRO-FOTOGRAFIJA	IONOGRAFIJA	MAGNETO-GRAFIJA	INK JET	TERMO-GRAFIJA	ELKTROGRAFIJA	FOTOGRAFIJA	"X" GRAFIJA
Praškasti toner Tekući toner	Praškasti toner Tekući toner	Mag. toner	Kontinuirano Tekući toner Na zahtjev Tekući toner Taljiva boja	Sublimacija Obojeni donor Prijenos	Dielektričan premaz podloge Tekući toner Praškasti toner	Obojeno osjetljiv premaz	Boja/ toner

Slika 2. Podjela tehnologija digitalnog beskontaktnog tiska (NIP)

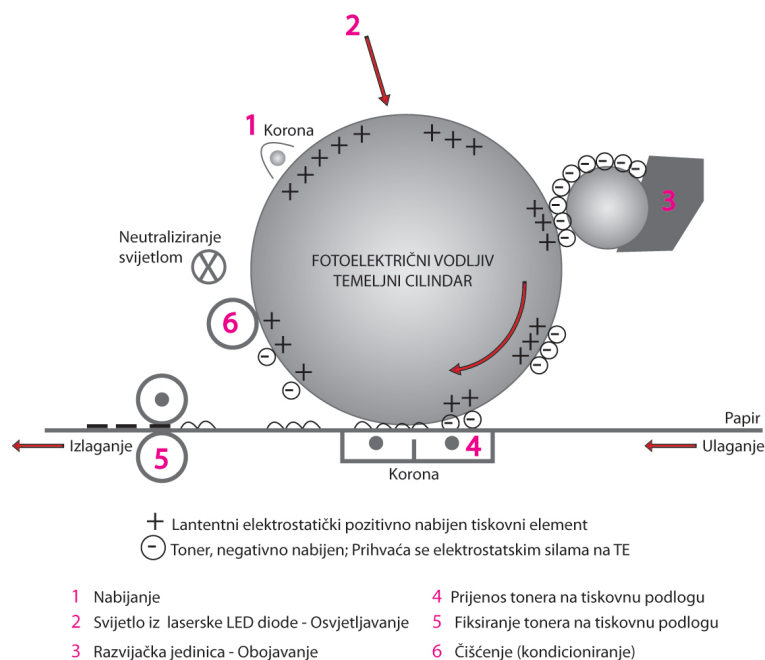
2.2.1.2 Elektrofotografija s praškastim tonerom

Elektrofotografija je tehnika beskontaktnog digitalnog tiska, spada u kategoriju NIP-a tehnike otiskivanja. Razlikuju se elektrofotografski digitalni strojevi koji koriste praškasti i oni koji koriste tekući toner. Bez obzira na toner koji koriste digitalni uređaji, tiskovna forma je virtualna i promjenjiva. Za potrebe izrade ovoga diplomskog rada mjerenja će biti izvršena na elektrofotografskom stroju s praškastim tonerom. Proces otiskivanja tehnologijom elektrofotografije temelji se na fotoelektričnom efektu, vrlo je složen i može se podijeliti u šest različitih, kontinuiranih faza koje se izvode se jedna za drugom.

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

Formiranje otiska u elektrofotografiji provodi se u šest osnovnih faza (Slika 3):

1. Nabijanje fotokonduktorskog bubnja
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 ostatka tonera [6]



Slika 3. Osnovni princip elektrofotografije

Proces otiskivanja započinje električnim, jednoličnim **nabijanjem** fotoosjetljive površine temeljnog cilindra. Kao posljedica nabijanja stvara se električno nabijena površina. Površina fotoelektričnog cilindra može biti ovisno o korotronu, odnosno skorotronu pozitivno ili negativno nabijena. Samim time razlikujemo direktnu i indirektnu elektrofotografiju.

Proces **osvjetljavanja** započinje kada se pomoću kontroliranog svjetlosnog izvora (lasera ili LED diode) selektivno osvjetljava površina bubnja. Originalni dokument se projecira na fotokonduktor. Laser s definiranom svjetlošću izmjenjuje napone na fotokonduktoru i ovisno o tome razlikujemo pozitivsko i negativsko nabijanje. Nakon procesa osvjetljavanja nastaje virtualna (latentna) tiskovna forma koja sadrži tiskovne elemente i slobodne površine koje se međusobno razlikuju po električnom naboju koji posjeduju.

U trećoj, odnosno četvrtoj fazi dolazi do **nanašanja i prijenosa tonera**, pomoću elektrostatskih sila, na tiskovne elemente. Proces nanašanja tonera se naziva razvijanje, i njime latentna tiskovna forma postaje vidljiva. Prijenos tonera na tiskovnu podlogu može biti direktna ili indirektna (preko prijenosnog bubnja ili beskonačne trake). Transferna korona privlači čestice tonera, međutim čestice tonera privučene elektrostatskim silama su prilično nestabilne i potrebno ih je dodatno fiksirati na tiskovnu podlogu.

Fiksiranje je slijedeća faza. Fiksiranje se vrši pomoću temperature (vrućim valjcima) i pomoću pritiska tiskovne podloge između valjaka. Zahvaljujući temperaturi toner se tali, prihvaća za papir i skrućuje (fiksira).

U posljednjoj fazi **čišćenja**, s fotokonduktora se uklanja zaostali naboj i preostale, pojedine čestice tonera. Kod elektrofotografije s praškastim tonerima, osvjetljavanjem se neutralizira cijela površina fotokonduktora, te se nakon toga mehanički uklanjaju zaostale čestice tonera (nožem ili četkama).

Bojila za elektrostatski tisak su toneri. Razlikuju se praškasti toneri, koji su mnogo češći, i tekući toneri. Podjela tonera je uvjetovala i podjelu elektrostatskog tiska na elektrofotografiju s tekućim i elektrofotografiju s praškastim tonerom. Osnovna podjela praškastih tonera je na jednokomponentne i dvokomponentne.

Većina današnjih digitalnih strojeva koristi praškasti dvokomponentni toner koji se sastoji od čestica nosača i čestica koje daju obojenje. Čestice nosača mogu biti veličine 30-35 μm , a po sastavu su željezni, stakleni ili prah nekih soli. Jednokomponentni toneri sastoje se od 50% željeznog oksida, 30% smole, 10% pigmenata i 5% aditiva. U novije vrijeme pojavljuju se i mikrotoneri čiji je sastav sličan jednokomponentnom toneru, a temeljna razlika je u veličini čestica koja se kod mikrotonera kreće od 4-15 μm . Od jednokomponentnih tonera postoje oni na magnetskoj i nemagnetskoj osnovi. [7]

2.2.1.3 Micro Piezo ink jet tehnologija

Uz elektrofotografiju Ink Jet je zasigurno najpopularnija tehnika digitalnog tiska. Ink jet pisači se koriste u mnogobrojnim i različitim djelatnostima. Ink Jet pisači su, kao tehnološki vrlo napredna tehnologija otiskivanja, svoju primjenu našli u industriji i gospodarstvu, kao i najvećim dijelom u kućanstvima za svakodnevnu upotrebu. Osnovna podjela je prema principu, prema boji i prema primjeni.

(Slika 4)



Slika 4. Podjela INK JET tehnologije

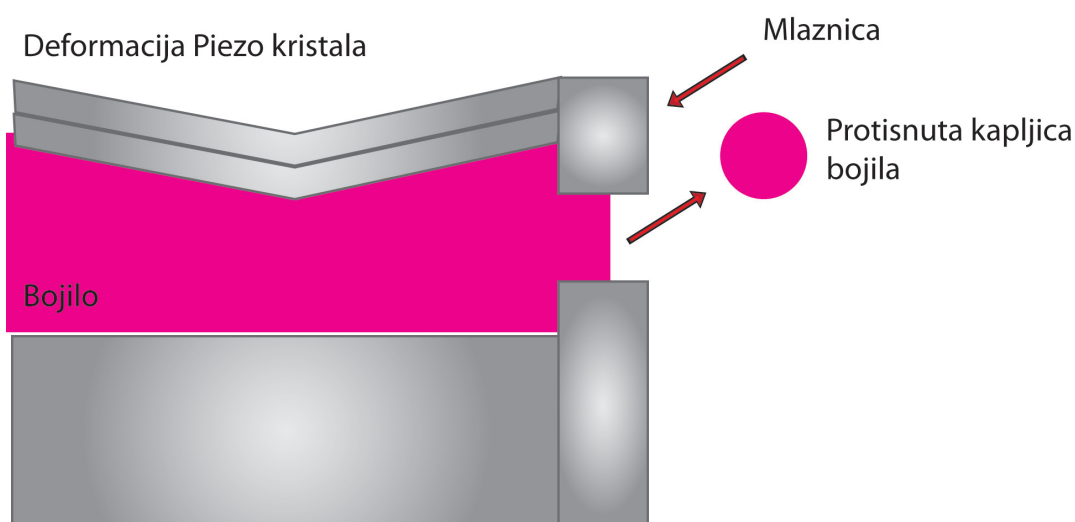
Ink jet pisači imaju velik spektar korištenja, primjenjuju se za ispis na različite podloge kao što su: veliki formati, visoka kvaliteta (probnog otiskivanja) i tisak na različitim materijalima. Veoma su praktični, konkurentno kvalitetni, imaju mogućnost brzog ispisa i sušenja otiska, jednostavni su za rukovanje, te imaju mogućnost ispisa fotografija. Mjerenja potrebna za izradu diplomskog rada vršiti će se na otiscima Epson Stylus SX115 pisača. Svi Epson pisači imaju ugrađenu *Micro Piezo* ispisnu glavu. *Micro Piezo* ispisna glava treba biti proizvedena s izuzetnom preciznošću, kako bi ostvarila sve svoje brojne tehnološke prednosti, Napredna Epsonova tehnologija proizvodnju spomenutih *Micro Piezo* ispisnih glava taj proces čini izvediv.

Micro Piezo tehnologija spada u tehnologiju *Drop on demand*, odnosno u tehnologiju koja radi principom formiranja kapljica bojila na zahtjev. Pisači *Micro Piezo* tehnologije sadrže mlazne komore u kojima se nalaze elektronički elementi spojeni s računalom, koji određuju tj. formiraju kapljice bojila.

Od uvođenja tehnologije 1993. godine pa do danas, svi Epson ink jet pisači imaju ugrađenu piezoelektričnu ispisnu glavu, od najmanjeg osobnog foto pisača (printera), do najvećeg industrijskog sustava.

Micro Piezo tehnologija, koja se temelji na *piezo* kristalu, omogućava mehaničku deformaciju mlazne komore. *Piezo* kristal mijenja svoj oblik unutar električnog polja, odnosno mijenja oblik prilikom prolaska električnih signala kroz sam kristal. Promjenom oblika *Piezo* kristala mijenja se i sam volumen mlazne komore. Povratkom *Piezo* kristala u prvobitni oblik dolazi do povećanja tlaka, upravo se taj novonastali tlak (pritisak) koristi za prijenos (izbacivanje) bojila kroz mlaznice na papir i druge medije (*Slika 5.*).

Elementi izrađeni od *Piezo* kristala se ugrađuju iza mlaznica pisača, djelovanjem električnog naboja dolazi do promjene oblika kristala što uzrokuje izbacivanje preciznih količine bojila. Volumen protisnute kapljice bojila jednak je deformiranom volumenu mlazne komore. [8]



Slika 5. Princip Micro Piezo tehnologije

Micro Piezo tehnologija podržava upotrebu širokog spektra bojila, jer se prilikom formiranja kapljice bojila ne djeluje na sastav formiranja kapljice.

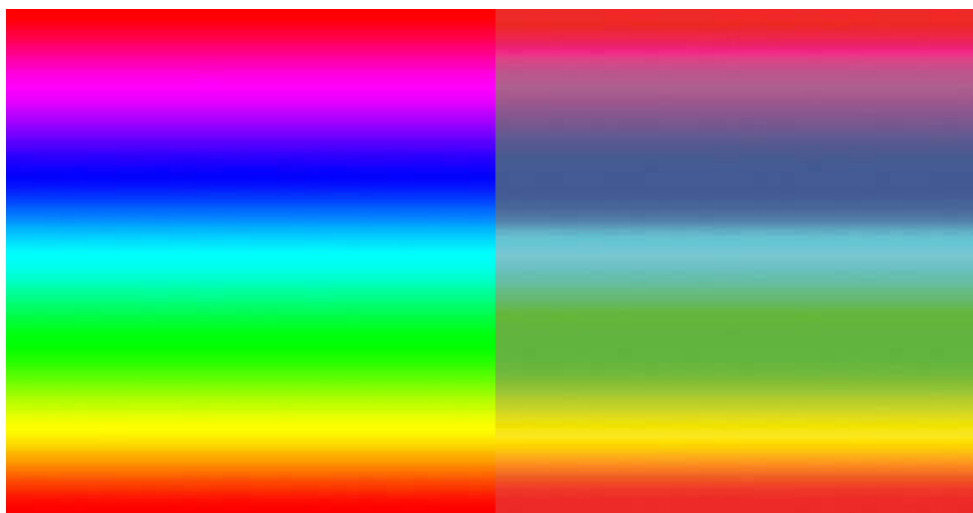
2.3 Distribucija vizualne informacije

Kvalitetan otisak podrazumjeva realnu prezentaciju otisnutih vizualnih informacija. Kvaliteta, odnosno konačna izlazna informacija, ovisi o mogućnostima uređaja koji je prenose. Uređaji, koji prenose vizualnu informaciju, su uglavnom ograničeni količinom informacija koju mogu prezentirati. Uređaji ili mediji za distribuciju vizualnih informacija su skeneri, računala, osvjetlivači, CTP uređaji, tiskarski strojevi, fotoaparati itd.

Svaki uređaj posjeduje boje, odnosno ograničeni skup informacija, koje može reproducirati, ta količina informacija svakog neovisnog uređaja naziva se gamut. Ljudsko oko vizualne informacije vidi s najvećim rasponom tonaliteta s najvećim gamutom.

Već prilikom prve transformacije vizualnih informacija unutar samog medija dolazi do smanjenja gamuta, prilikom transformacije RGB modela boja u CMYK model boja također ponovno dolazi do smanjenja gamuta itd (*Slika 6*). Jasno je da je cilj postići minimalni gubitak informacija o boji. Kako bi se to ostvarilo potrebno je osigurati uvjete u kojima će se vrijednosti boja dosljedno transformirati kroz čitav proces reprodukcije. Kako bi se zadržao optimalni gamut potrebno je znati kako i na koji način se informacija o boji transformira.

Problematiku gubitka informacija o boji i pretvorbu iz sustava u sustav, u najoptimalnijim odnosima, definira sustav za upravljanje bojom (*eng. Color Management*).



Slika 6. Simulacija transformacija prijelaza boje iz sRGB prostora boja (lijevo) u CMYK prostor boja (desno).

Color Management je programska podrška za kalibraciju i karakterizaciju svih ulaznih i izlaznih uređaja unutar reprodukcijskog lanca, te za automatizaciju svih potrebnih konverzija boja među uređajima, sa ciljem standardizacije reprodukcijskih procesa i postizanja željene reprodukcije boja neovisno o korištenom uređaju. Za uspješnu provedbu *Color Management*, potrebno je izvršiti pripreme radnje koje obuhvaćaju procese kalibracije i karakterizacije uređaja koji sudjeluju u reprodukcijском procesu. Uređaj ili dokument kojem nije dodijeljen odgovarajući *ICC profil*, nije moguće uključiti u *Color Management* sustav. *ICC profil* opskrbljuje *Color Management* sustav podacima koji su mu potrebni za konverziju vrijednosti boja između prostora boja uređaja i referentnog prostora boja. [9]

U radnom tijeku gdje se primjenjuje *Color Management* i *ICC profili* kvaliteta radnog procesa i samog konačnog otiska je zadovoljena pojedinim standardima. Svakoj kolornoj datoteci koja se skenira ili unosi digitalnim fotoaparatom, potrebno je pridružiti ulazni *ICC profil*. Taj *ICC profil* sadrži podatke koji karakteriziraju ulaznu jedinicu (svaki ulazni uređaj ima svoj ICC profil) i pretvara kolornu datoteku u jednu izmjenjivu datoteku velikog opsega boje (CIELAB L*a*b*). Lab koordinatni sustav je apsolutan i koristi se kao referentni sustav boja. Sam *ICC profil* koji je pridružen našoj kolornoj datoteci napravljen je usporedbom neke referentne ilustracije s digitaliziranom inačicom iste, preko skenera ili digitalnog fotoaparata. Nakon grafičke obrade (dizajn, prijelom), datoteci dodjeljujemo izlazni *ICC profil*. Taj izlazni *ICC profil* sadrži sve podatke koje zadovoljavaju izlaznu jedinicu, (rotacija, novinski tisak, probni otisak) i priprema datoteku za jedan od tih procesa. *ICC profili* omogućavaju da svaka tehnologija tiska ima svoju specifičnu, vlastitu kolornu pripremu dobivenu iz datoteke velikog opsega boja s minimalnim gubicima informacija o boji. Kada smo jednom dodijelili *ICC profil*, ista datoteka se koristi za više namjena i više različitih izlaznih tehnologija. Ovakav način rada omogućava individualizaciju pojedine tiskare, pojedinih boja ili vrsta papira. [10]

2.4 Standardizacija ofsetnog i digitalnog tiska

Standardizacija je proces prihvaćanja i poštivanja propisa s ciljem smišljene organiziranosti u određenom području ljudske djelatnosti, te dostizanja najveće moguće ekonomičnosti u ispunjavanju zahtjeva funkcionalnosti i sigurnosti. Standardizacija je zasnovana na provjerenim rezultatima znanosti, tehnike i iskustva na jednoj strani, te sporazuma svih zainteresiranih na drugoj strani. [11]

Razvojem tehnologije i tržišta potreba za zadovoljenjem standarda javlje se i u grafičkoj industriji. Logično je da prije svega standardi zadovoljavaju kupca. Moderna proizvodnja i tržište zahtijevaju povoljnu kvalitetu u što kraćem vremenskom roku, samim time i standardi grafičke proizvodnje su se prilagodili kvaliteti te brzom i jeftinoj proizvodnji.

Grafička proizvodnja se razvija velikom brzinom, tehnologije koje su se koristile do prije nekoliko godina polako padaju u zaborav, svakodnevno se razvijaju nova znanja te je potreba za standardizacijom proizvodnje jedini uvjet za onemogućavanje pada kvalitete grafičkog proizvoda.

Priprema grafičkog proizvoda je potpuno digitalizirana te mora zadovoljiti pojedine uvjete kako bi se osigurao kvalitetan otisak. Grafička priprema je najispravnija kada je radni tijek u kojem radimo obradu u izlaznoj kvaliteti (CMYK) i u kojem koristimo upravljanje bojama (*Color Management*) i *ICC profil*.

Kako bi se postavili standardi unutar ofsetnog i digitalnog tiska moraju se zadovoljiti uvjeti kompatibilnosti sustava, te tehnički i tehnološki uvjeti unutar same proizvodnje.

Najzastupljeniji su ISO standardi, primjerice ISO certifikat je dokaz da je sustav upravljanja i kontrole kvalitete unutar tiskare i same grafičke proizvodnje, sukladan uvjetima iz norme i usklađen s zahtjevima i propisima ISO standarda. ISO standardi su izadni od strane neovisne i međunarodne certifikacijske kuće, certifikat je dokaz i osiguranje za klijente da tiskara parkticira dobru poslovnu praksu, te da se primjenom u cjelosti ostvaruje poboljšanje učinka organizacije: orijentacija na kupca, vođenje, uključenost ljudi u postizanje ciljeva, procesni pristup, sustavni pristup upravljanju, trajno poboljšavanje, odlučivanje na temelju činjenica i partnerski odnos s dobavljačima. [12]

Primjerice zadovoljenje zahtjeva ISO norme, tiskare osiguravaju upravljanje sustavom kvalitete kako unutar ofsetnog tiska tako i unutar svih svojih segmenata poslovanja. Da bi se postavili standardi unutar ofsetnog tiska potrebno je definirati nekoliko različitih parametara. Standardiziran grafički proizvod moguće je definirati prema načinu izrade tiskovne forme, vrsti renderiranja, definiranjem rastriranja, ulaznom formatu, karakteristikama različitih prijenosnih uređaja i medija, te definiranjem tiskarskih parametara.

Kvalitetan otisak je uvjetovan mnogobrojnim parametrima koji se mogu definirati, međutim poznato je da su uvjeti tiska promjenjivi te mogu narušiti kvalitetu otiska. Upravo zbog toga je potrebno usmjeriti pažnju na definirane parametre i omogućiti proizvodnju unutar zadanih normi.

Trenutno postoji oko 32 ISO normativa u području tiskarstva, dvije ISO specifikacije vezane za tisak i boje koje se koriste u ofsetnom tisku su ISO 12647-2 i ISO 2846-1. ISO 12647-2 specifikacija predstavlja praktične preporuke, vezane za proizvodni tok grafičke reprodukcije, koju bi trebalo pratiti da se ostvari standardna reprodukcija zadovoljavajuće kvalitete. Ova specifikacija je primjenjiva na sve reproduksijske procese koji rade na principu separacije boja. Nizom definiranih vrijednosti koje pokrivaju cijeli reproduksijski proces od pripreme do tiska. Iako široko u upotrebi, ISO 12647-2 specifikacija je nedorečena. Nedorečena je jer se temelji na više krivulja prirasta rasterskih elementa i iako ima denzitometrijsku, nema kolorimetrijsku definiciju sivog balansa. Vrsta papira koji se koristi treba biti u skladu sa ISO 12647-2 specifikacijama za određeni reproduksijski proces. ISO 2846-1 specifikacija definira karakteristike koje boje moraju imati u ofset tisku, uvjete u kojima se tisak mora vršiti, definira vrstu tiskovne podloge na kojoj se tisak vrši, te način kontrole samog tiska. Boja za tisak mora biti u skladu sa ISO 2846-1 specifikacijom, mogu se koristiti i druge boje, ukoliko se ima na umu da otisnuta boja na nekom papiru ima mjerene vrijednosti što je moguće bliže onim specificiranim u ISO 12647-2 specifikaciji. [13]

Digitalni tisak je tehnologija koja se vrlo brzo razvija, konstantni tehnološki napredak otežava standardizaciju digitalnog tiska. Također i unutar digitalnog tiska je potrebno definirati specifične prilagodbe sustavu, te standardizirati pojedine radne procese kako bi cijeli sustav, od pripreme do konačnog otiska, optimalno funkcionirao.

Najveći problem za standardizaciju tehnika digitalnog tiska je nedovoljno poznavanje svih parametara proizvodnje, kao i nedovoljno proučena interakcija između tiskovne podloge, bojila i digitalnog stroja. Kvaliteta otiska je ovisna o interakciji tiskovne podloge, bojila i digitalnog stroja, kao i o pripremaču digitalnog dokumenta.

Logično je da se standardi digitalnog i ofsetnog tiska međusobno razlikuju, primjerice papir se drugačije „ponaša“ prilikom prolaska kroz ofsetni stroj i prilikom prolaska kroz digitalni stroj.

Primarna namjena standardizacije ofsetnog tiska je da se omogući proizvođačima digitalnih strojeva optimalan sustav vrednovanja proizvedenih digitalnih strojeva. [14]

Primjerice Fogra, kao vodeći institut za grafičku tehnologiju, definira procesni standard za digitalni tisk (PSD) (*Slika 7.*). PSD je rađen prema konceptu procesnog standarda za ofsetni tisak (PSD). Temelji se na standardima normativa ISO 15311. Fogrin procesni standard jasno definira zahtjeve i objektivne kontrolne postupke za funkcioniranje cijelog radnog procesa. Osnovna tri cilja navedenog standarda su: postizanje točnosti digitalnih izlaznih uređaja u smislu održavanja kvalitete ispisa, osiguranje gamuta boja grafika i reprodukcija, te optimalizacija cijelog sustava u osiguravanju konzistentnosti kvalitete bojila.

Standardizacija ne znači ograničavanje upotrebe materijala ili strojeva, odnosno standard ne zahtijeva upotrebu točno određenog materijala ili digitalnog stroja. [15]



Slika 7. Fogra standard za digitalni tisak

2.4.1 Probni otisak

Općeniti termin za raznolike solucije pretpostavki kojom kvalitetom će otisak biti otisnut, i kako će ekranski prikaz u konačnici biti otisnut je probni otisak. Probni otisak je „dokaz“ (*proof*) kako će u konačnici izgledati otisak sa svim svojim stavkama kao što su tipografija, ilustracije, boje, margine itd. Izrada probnih otisaka je postupak u kojem se što vjernije nastoji simulirati tisak na tiskarskim strojevima. Probnim otiskom se otklanjaju sve eventualne pogreške i omogućava se dobivanje što točnije, krajnje reprodukcije. Na probnom otisku provode se ispitivanja koja osiguravaju kvalitetan otisak na ofsetnom stroju, te se nastoji postići maksimalna vjernost probnog otiska prema željenom stvarnom otisku. Probni otisci ostvaruju bolju vizualnu komunikaciju između klijenta i tiskare, i pridonose standardizaciji cjelokupnog procesa nastanka grafičkog proizvoda od grafičke pripreme do procesa otiskivanja. Primjenjom probnih otisaka smanjuje se broj reklamacija, samim time i troškova eventualnih pogrešaka.

Probne otiske moguće je izraditi pomoću ofsetnih strojeva za probni tisak i pomoću digitalnih tehnika ispisa (*Slika 8*). Razvitkom digitalnih tehnologija probni otisci se u sve većem broju izrađuju digitalnom tehnikom. Kada se probni otisak radi s istom tiskarskom tehnikom kao i original, potrebno je koristiti tiskovne podloge i bojila koja će biti upotrebljena prilikom tiska cijele naklade. Naravno i za probni otisak postoje propisani standardi.

Postupak digitalnog ispisa probnih otisaka definiran je ISO 12647-7 *Proofing process from digital data* standardom i nužan je element u standardizaciji grafičke pripreme i tiska.

ISO 12647-7 standard definira minimalne uvjete da bi se ispis mogao smatrati probnim otiskom:

- » materijal za ispis probnih otiska mora svojim karakteristikama (boja, sjajnost, gramatura) odgovarati materijalu na kojem se tiska (za plošni tisak to su papiri klase PT1 i PT2, PT4 i PT5, dok su za rotaciju papiri PT3)
- » bojni opseg probnog otiska mora pokrivati bojni opseg tehnike tiska za koju se radi
- » definirana su maksimalna dopuštena odstupanja kontrolnog klina na probnom otisku od referentnih vrijednosti
- » boje na probnom otisku moraju biti homogene i postojane unutar 24 sata

- » ispis mora imati dobru mehaničku otpornost (otpornost na grebanje i pucanje boje prilikom savijanja)
- » svaki probni otisak nužno mora imati kontrolnu liniju u kojoj se nalaze svi relevantni podaci kao što su datum ispisa, naziv datoteke, korišteni ICC profili i rendering intent, pisač na kojem je probni otisak otisnut
- » na probnom otisku mora biti otisnut i propisan kontrolni klin (npr. FOGRA ver 3) koji je potrebno mjeriti te ispis rezultata mjerenja kontrolnog klina. [16]



Slika 8. Epson Stylus Pro modeli za tisak probnih otisaka

2.5 Kontrola kvalitete tiska

Za standardizaciju kvalitete grafičkog proizvoda, a samim time i za optimalno definiranje kvalitete grafičkog proizvoda, kako je već spomenuto, potrebno je definirati što veći broj parametara procesa proizvodnje kako bi se jednostavnije uočilo smanjenje kvalitete konačnog grafičkog proizvoda. Poznato je kako je proces nastanka grafičkog proizvoda podijeljen u tri cjeline: priprema, tisak i dorada. Za kvalitetan grafički proizvod sve tri cjeline moraju zadovoljiti standarde. U ovom diplomskom radu prikazat će se korelacija kvalitete definiranih parametara ofsetnog i digitalnog tiska.

Digitalni tisak je tehnologija koja se vrlo brzo razvija, te konstantni tehnološki napredak otežava standardizaciju digitalnog tiska. Također i unutar digitalnog tiska je potrebno definirati specifične prilagodbe sustavu, te standardizirati pojedine radne procese kako bi cijeli sustav, od pripreme do konačnog otiska, optimalno funkcionirao.

Najveći problem za standardizaciju tehnika digitalnog tiska je nedovoljno poznavanje svih parametara proizvodnje, kao i nedovoljno proučena interakcija između tiskovne podloge, bojila i digitalnog stroja. Kvaliteta otiska je ovisna o interakciji tiskovne podloge, bojila i digitalnog stroja, kao i o pripremaču digitalnog dokumenta.

Dodatno, kvaliteta tiska se provjerava i vizualno. Da bi se obavila vizualna kontrola, rasvjeta i uvjeti promatranja moraju zadovoljiti neke minimalne zahtjeve (ISO 3664). Subjektivna vizualna kontrola donosi psihološke elemente u procjenu o kvaliteti slike.

Samo mjerljive veličine omogućavaju objektivnu i u stanovitoj mjeri automatsku kontrolu kvalitete u tisku. Jedna od najvažnijih karakteristika kvalitete je kvalitetna reprodukcija boja. Stupanj obojenja otisnute slike se mjeri kako bi se ispravila sva odstupanja između originala, probnog otiska i reprodukcije, ili kako bi se osigurala konstantna kvaliteta kroz cijeli tiskovni proces. [17]

Mjereni i vizualno promatrani definirani parametri u eksperimentalnom dijelu diplomskog rada su: relativni tiskovni kontrast, prirast rastertonske vrijednosti, gustoća obojenja, raspon gustoće obojenja i smicanje.

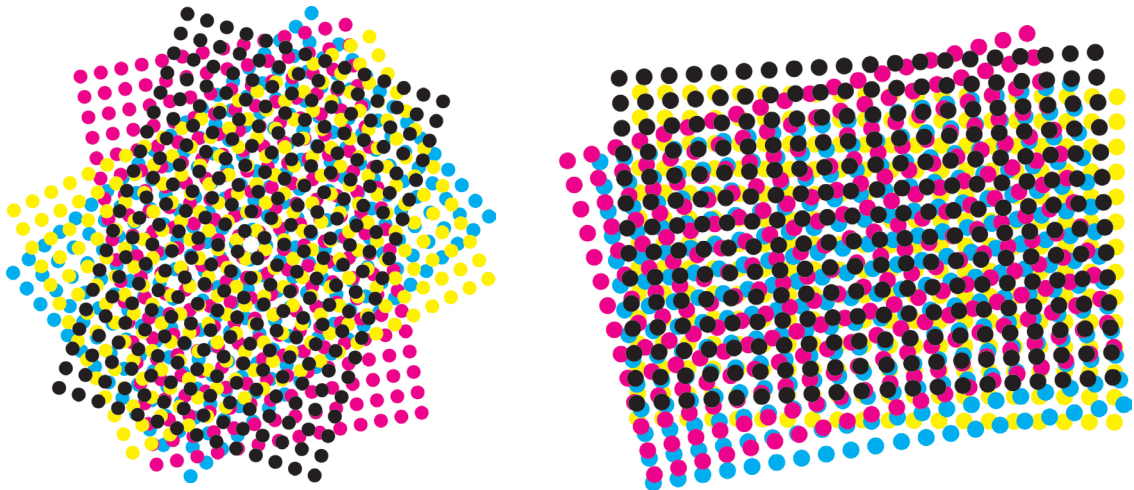
2.5.1 Raster i rastriranje

Osnova višebrojne reprodukcije je raster. Raster je sredstvo kojim se obavlja rastriranje, odnosno raster je medij za simuliranje tonских vrijednosti originala. Kao produkt rastriranja nastaje rasterski element. Razlikujemo klasično i digitalno rastriranje, međutim osnova rastriranja je jednaka. Rastriranje je tehnologija pomoću koje simuliramo višetonske reprodukcije, tonovi višetonske slike se pretvaraju u rasterske elemente različitih veličina. Zapravo se višetonske reprodukcije zasnivaju na optičkoj iluziji, jer ljudsko oko nema mogućnost raspoznavanja pojedinačnih malih rasterskih elemenata koji se stope u višetonsku sliku u ljudskom oku. Rasterske elemente je moguće uočiti tek pomoću optičkog pomagala (lupa). Rasteri se međusobno razlikuju prema veličini i udaljenosti rasterskih elemenata. Razmak između rasterskih elemenata definira linijaturu rastera (broj linija po dužinskom centimetru).

Razlikujemo dvije osnovne skupine rastera: amplitudno modulirani (AM) i frekventno modulirani (FM) raster, kao i njihove podskupine hibridni raster i raster s modulacijom obojenja. Kod amplitudno moduliranog (klasičnog) rastera rasterski elementi, koji su različitog promjera su razmješteni na istoj udaljenosti. Konstantna udaljenost između rasterskih elemenata je definirana i neovisna o obliku rasterskog elementa. Upotreba AM rastera omogućava kvalitetnu reprodukciju skoro cijelog raspona rastertonskih vrijednosti, dok je za kvalitetnu reprodukciju sitnih detalja bolje koristiti FM raster.

Kvalitetan otisak kod AM rastera je uvjetovan točnim kutnim položajem rastera, što onemogućava interferenciju rasterstih elemenata tj. pojavu *moarea*. Pravilni kutevi rastera su: C: 15; M: 75; Y:0 (najmanja kontrastna boja); K:45 (najkontrastnija boja). Kutevi cijan i magenta mogu se zamijeniti (*Slika 9*).

AM raster se određuje linijaturom.



Slika 9. Prikaz rastriranja a.) pravilnim (rozeta) b.) krivim kutevima rastriranja (moare)

Frekventno modulirani (stohastički) raster funkcioniра drugačijim principom, rasterski elementi su istog promjera ali su razmješteni na različitim udaljenostima (neperiodički, stohastički). FM raster se koristi najvećim dijelom prilikom reprodukcije visokokvalitetnih grafičkih proizvoda na tiskovnim podlogama visoke kvalitete.

FM raster se određuje u mikronima.

Hibridni raster je kombinacija elemenata AM i FM rastera, što omogućava reprodukciju malih, srednjih i velikih rastertonskih vrijednosti.

Raster s modulacijom obojenja je raster s različitim obojenjem pojedinačnih rasterskih elemenata. Ova tehnika rastriranja se koristi i u digitalnim tehnikama kao što su ink jet i elektroforografija.

2.5.1.1 Deformacija rasterskih elemenata

Kvaliteta otiska u najvećoj mjeri ovisi o deformaciji rasterskih elemenata. Kvalitetno ustanovljen problem deformacije rasterskih elemenata i kvalitetno postavljen sustav koji na adekvatan način minimizira deformacije rasterskih elemenata osnovni je i najvažniji uvjet omogućavanja kvalitetnog tiska, ponovljivosti procesa i povećanja kvalitete grafičkog proizvoda u cjelosti.

Rasterski element teoretski je definiran tako da pokriva određeni dio elementarne površine. Kvaliteta reprodukcije i raspon integralne gustoće obojenja ovisi o uvjetima koji utječu na veličinu rasterskog elementa prilikom prijenosa kroz reprodukcijski lanac te o uvjetima u samom procesu tiska. [18]

Deformaciju rasterskog elementa predstavlja promjena veličine rasterskog elementa u odnosu na teoretsku površinu. Do smanjenja ili povećanja rasterskog elementa dolazi tijekom procesa proizvodnje, neovisno o vrsti rastriranja. Ovisno da li se rasterski element povećava ili smanjuje razlikujemo pozitivnu (najčešće) i negativnu deformaciju. Deformacije rasterskog elementa gotovo je nemoguće izbjeći, međutim jako je bitno predvidjeti deformaciju i nastojati ju što više umanjiti. Deformacijom rasterskog elementa dolazi do promjena na otisku, smanjuje se kvaliteta samog otiska te se adekvatnim vizalnim i mjernim metodama nastoje umanjiti nepoželjne deformacije.

Deformacija rasterskih elemenata se dijeli na dvije vrste:

1. Geometrijska deformacija
2. Optička deformacija

2.5.1.1.1 Geometrijska deformacija rasterskih elemenata

Geometrijska deformacija rasterskih elemenata nastaje kao posljedica mehaničkih djelovanja na rasterski element tijekom i nakon procesa otiskivanja. Geometrijska deformacija rasterskih elemenata se može spriječiti zadovoljenjem tehničkih parametara stroja kao što su: postizanje jednakih obodnih brzina cilindara i valjaka, propisana od proizvođača debljina gumene navlake zajedno s podlogom, pritisak cilindra, pravilno definiran tehnološki prostor.

Geometrijska deformacija rasterskih elemenata događa se uslijed:

1. Smicanja
2. Dubliranja
3. Razmazivanja

2.5.1.1.1.2 Smicanje

Prilikom geometrijske deformacije smicanja dolazi do izduženja rasterskog elementa, odnosno bojilo biva protisnuto preko ruba rasterskog elementa. Rasterski element poprima izduženi oblik u jednom od smjerova.

Smicanje u smjeru tiska se još naziva i smicanje po obujmu, a smicanje pod određenim kutevima u odnosu na smjer tiska se naziva bočno smicanje. Uzrok smicanja je najčešće prevelik pritisak između dvaju susjednih cilindara. Budući da navlaka nema površina koje bi mogle uzrokovati bočno smicanje, deformacija se većinom pojavljuje u smjeru tiska. U tom slučaju, okrugla točkica poprima oblik elipse. Prejako napeta gumena navlaka ili višak bojila također mogu biti uzrok pojave ovog oblika deformacije. Smicanje je moguće i prilikom tiska na manje kvalitetne tiskovne podloge. Smicanje u bilo kojem smjeru se jasno može vidjeti na poljima s linijama na kontrolnim stripovima. Linije koje su okomite na smjer deformacije postat će deblje, dok će one koje su u istom smjeru ostati jednake debljine, ali će se malo izdužiti. [19]

Smicanje je moguće uočiti i promatranjem rasterskog elementa pod velikim povećanjem kada se može vidjeti razlika između gustoće obojenja teoretske i gustoće obojenja stvarne površine rasterskog elementa.

2.5.1.1.2 Optička deformacija rasterskih elemenata

Kao posljedica refleksije svjetlosti od tiskovnu podlogu, nastaje doživljaj proširenja rasterskog elementa (*Slika 10*). Uslijed prolaska svjetlosti kroz tiskovnu podlogu, dio svjetlosti se reflektira od unutarnjih slojeva tiskovne podloge, pri čemu se javlja štetna pojava, tzv. *halo efekt*.



Slika 10. Prikaz doživljaja optičke deformacije rasterskog elementa

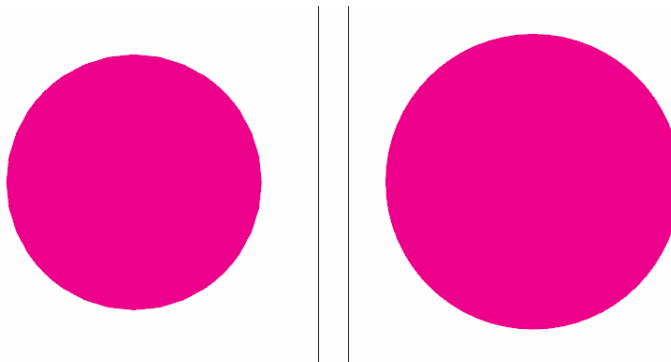
Optička deformacija je veća u odnosu na geometrijsku, te ovisi o nekoliko različitih parametara kao što su tiskovna podloga, linijatura (finoća) rastera, grafička boja, itd.

2.5.1.2 Prirast rastertonskih vrijednosti

Veličina rasterskog elementa (rastertonska vrijednost RTV) može se izraziti kao postotak pokrivenosti jedinične površine rasterskog elementa, 40% rastertonska vrijednost označava takvu veličinu rasterskog elementa da njihova površina zuzima 40% jedinične površine. Veličina rasterskog elementa se može izraziti i kao integralna gustoća obojenja.

Jedan od najvažnijih parametara kvalitete tiska je definirani i kontrolirani prirast rastertonskih vrijednosti. Prirast rastertonskih vrijednosti nastaje uslijed deformacije rasterskog elementa, te je jednako kao i sama deformacija rasterskih elemenata neizbježan. Konkretno prirast rastertonskih vrijednosti se odnosi na povećanje stvarne, otisnute pokrivenosti u odnosu na teorijsku pokrivenost (*Slika 11*). Kako bi se prirast RTV predvidio i umanjio potrebno je ustanoviti vrijednosti prirasta rastertonskih vrijednosti. U većini slučajeva prirast RTV-a je pozitivan zbog toga što gumena navlaka, prilikom transfera na papir, uzrokuje povećanje rasterske točkice (ovo vrijedi ako prilikom snimanja filma na tiskovnu formu ne dođe do značajne promjene kod tonske vrijednosti, što je najčešći slučaj, i ovisno o kojoj vrsti tiskovne forme se radi, tj. da li je ona pozitivna ili negativna).

Promjene kod prijenosa tonских vrijednosti moraju se uzeti u obzir kod separacije boja i izrade filma. Kod standardne pozitivne kopije prilikom snimanja na tiskovnu formu, rasterske točkice koje nastaju moraju biti nešto manje nego na originalu, jer kod tiska u standardnim uvjetima dolazi do njezina povećanja.



Slika 11. Prirast rastertonske vrijednosti

a.) 40 % b.) 53 % magenta rasterski element nakon procesa otiskivanja

Prirast rastertonskih vrijednosti direktno je vezan na niz parametara kao što su: kvaliteta otopine za vlaženje, kvaliteta tiskovnih formi, gumenih navlaka, bojila, konstantnosti pritiska na tiskovnu podlogu itd. Neki od navedenih parametara su promijenjivi za vrijeme tiska što znači da male promjene samo jednog od navedenih ili sličnih parametara mogu uvjetovati pad ili rast kvalitete tiska koji je vezan na deformaciju rasterskih elemenata odnosno na promjenjivi prirast rastertonskih vrijednosti. [20]

Promjena linijature rastera također utječe na prirast rasterskog elementa, primjerice veća linijatura uzrokuje i veći prirast RTV-a.

Kako bi se dobila stvarna rastertonska vrijednost određenog polja potrebno je, pomoću mjernog uređaja, izmjeriti gustoću obojenja polja koje se mjeri i gustoću obojenja punog polja. Tada se pomoću Murray–Davies (*Jednadžba 1*) formule izračunava stvarna rastertonska vrijednost:

$$F(a) = \frac{1 - 10^{-D_R}}{1 - 10^{-D_{PP}}} \times 100\%$$

F(a) - stvarna rastertonska vrijednost
 D_R - Gustoća obojenja mjerenog polja
 D_{PP} - Gustoća obojenja punog polja

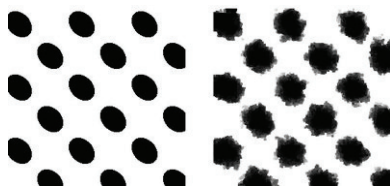
(Jednadžba 1)

$$DG = F(mj) - F(a)$$

DG - *Dot Gain* - Prirast RTV
 F (mj) - Mjerena pokrivenost
 F (a) - Stvarna pokrivenost

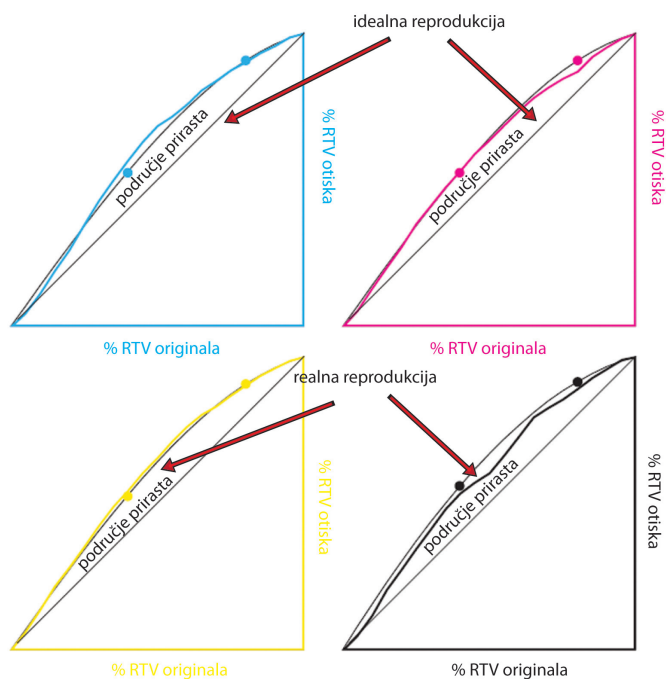
(Jednadžba 2)

Prirast RTV se izračunava oduzimanjem vrijednosti stvarne pokrivenosti od mjerene pokrivenosti (*Jednadžba 2; Slika 12*).



*Slika 12. Vizualni prikaz prirasta rastertonske vrijednosti
a.) stvarna pokrivenost b.) mjerena pokrivenost*

Kvalitetan otisak podrazumjeva što manju toleranciju prirasta rastertonskih vrijednosti, manji prirast podrazumijeva reprodukciju sličniju originalu. Kako bi se bi kvalitetno prezentirale karakteristike prirasta RTV-a u tiskovnom sistemu, potrebno je prikazati krivulje prirasta za svaku osnovnu boju tiska (*Slika 13*).



Slika 13. Pojedinačne krivulje realne i idealne reprodukcije osnovnih boja CMYK-a

2.5.1.3 Kontrolni stripovi

Kontrolni stripovi su osnovni alati pomoću kojih se vrši kontrola kvalitete tiska. Kontrolni stripovi se, zajedno sa ostalim dokumentom, razvijaju na pločama i nakon toga otiskuju.

Pomoću kontrolnih stripova strojar je u mogućnosti kontrolirati i upravljati cijelom nakladom tijekom procesa otiskivanja. Kontrolni stripovi sadrže različite, mjerljive elemente za svaku od četiri osnovne boje. Nalaze se na dijelu arka koji se obrezuje ili tamo gdje na konačnom proizvodu nisu vidljivi. Kontrolni stripovi predstavljaju niz otisnutih polja prosječne veličine 5x6 mm.

Kontrolni stripovi se dijele na:

1. Signalne stripove
2. Mjerne stripove

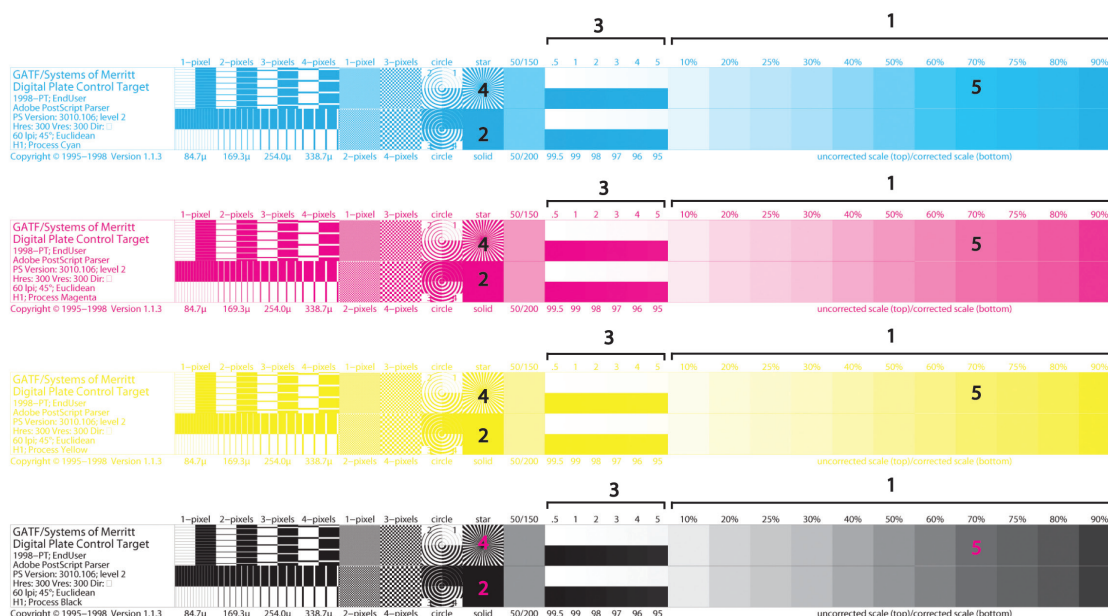
Pomoću signalnih stripova radimo vizualnu kontrolu otiska, dok pomoću mjernih stripova vršimo konkretna mjerenja polja kontrolnog stripa pomoću mjernih uređaja kao što su denzitometar ili spektrofotometar. Vizualna kontrola tiska nije precizna koliko i mjerena jer se zasniva na subjektivnom iskustvu strojara, suvremeni tisak podrazumijeva korištenje mjernih stripova bez kojih je kvalitetan otisak gotovo nemoguće otisnuti.

Kontrolni stripovi najčešće su kombinacija signalnih i mjernih stripova, što rezultira uštedom prostora na arku i jednostavni su za korištenje.

Pomoću signalnih stripova moguće je ustanoviti geometrijske deformacije kao što su smicanje i dubliranje, osim navedenih geometrijskih deformacija moguće je pomoću nekih signalnih stripova ustanoviti i vrijednost ukupne deformacije (signalni strip SLUR). Jedan od najčešće korištenih signalnih stripova je i element koji ukazuje na grešku pasera/registra. Pomoću navedenog elementa moguće je ustanoviti položaj otiska u odnosu na arak papira, kao i poklapanje prilikom obostranog tiska (registar), ili kontrolirati položaj otiska u odnosu na tiskovni arak i položaj jedne boje u odnosu na drugu (paser).

Signalni stripovi se koriste i za kontrolu prijenosa rasterskih elemenata s tiskovne forme na tiskovnu podlogu, kao i za kontrolu razvijanja tiskovnih formi.

Mjerni strip (*Slika 14.*) osim polja koja su pokrivena s 100%-tnim RTV (za ustanovljavanje integralnih gustoća obojenja i CIE L*a*b* vrijednosti) sadrži i točno definirana polja RTV pomoću kojih se mjeri i kontrolira: prirast rasteronskih vrijednosti, relativni tiskovni kontrast, sivoća boje, prihvaćanje boje, efikasnost boje, pogreška tona i kromatične koordinate sivog balansa.



- 1 Mjerni dio kontrolnog stripa za određivanje prirasta RTV
- 2 Polje za mjerenje gustoća obojenja punog polja (100 %)
- 3 Signalni dio stripa za određivanje raspona gustoće obojenja
- 4 Zvezdasti signalni strip za ustanovljavanje geometrijskih deformacija
- 5 Polje za mjerenje gustoća 3/4 polja (75 %)

Slika 14. Polja kontrolnog stripa mjerena za eksperimentalni dio diplomskog rada

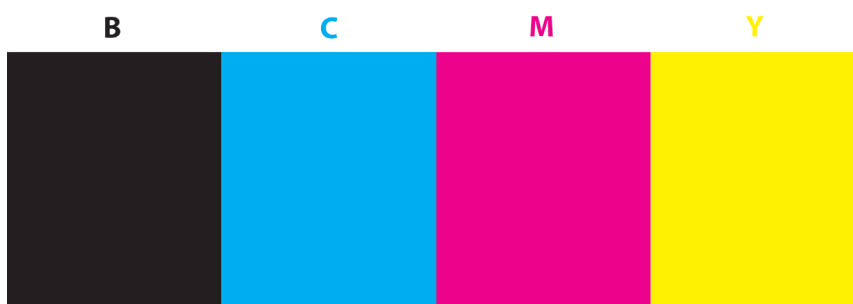
2.5.1.3.1 Raspon gustoće obojenja

Boja je subjektivni doživljaj, zbog te činjenice standardizacija grafičke industrije zahtijeva kontrolu i mjerenja prilikom otiskivanja. Tijekom otiskivanja cilj je postizanje definiranog optimalnog obojenja osnovnih boja.

Gustoća obojenja je neovisna o rastertonskoj vrijednosti, a predstavlja refleksiju ukupne svjetlosti koju uređaj ili oko vidi, odnosno sposobnost adsorpcije materijala. Gustoća obojenja se mjeri pomoću denzitometra ili spektrofotometra na 100%-tnim poljima kontrolnog stripa i tada se odnosi na gustoću obojenja punog polja (*Slika 13*).

Kvalitetan tisak je definiran rasponom gustoće obojenja, maksimalni raspon gustoće obojenja uvjet je za postizanje kvalitetnih reprodukcija malih i velikih rastertonskih vrijednosti.

Poznato je da je u procesu tiska, kod većine tiskarskih tehnika, moguće regulirati nanos bojila, odnosno nanos bojila je promjenjiva veličina. Potrebno je odrediti optimalan nanos bojila, većom količinom bojila osigurava se veći raspon tonova samim time i bolja reprodukcija. Međutim prevelik nanos bojila uzrokuje probleme sa sušenjem otisaka, dolazi do preslikavanja, zapunjena rasterskih elemenata i sl. Kako bi se otisnula kvalitetna reprodukcija, najbolje je tiskati s preporučenim gustoćama obojenja. Svaki proizvođač bojila i tiskarskih strojeva preporučuje vrijednosti gustoće obojenja koje omogućavaju kvalitetan otisak.



Slika 13. Polja za mjerenje gustoće obojenja u tisku (100% RTV)

Kvalitetan otisak definiran je vrijednostima raspona gustoće obojenja, koje za ofsetni tisak iz arka iznose :

- » 3% - 97% RTV za linijaturu rastera do 70 lin/cm
- » 3% - 95% RTV za linijaturu rastera 70 – 80 lin/cm i probni otisak

Na kvalitetu i reprodukciju otisaka ofsetnog tiska može utjecati više različitih parametara koji mogu, a i ne moraju biti kontrolirani, pa upravo zbog toga svaki tiskarski sustav ima različite karakteristike. Zbog toga postizanje što većeg raspona gustoće obojenja zahtijeva odeđivanje optimalnog obojenja za određeni tiskarski sustav.

2.5.1.3.2 Relativni tiskovni kontrast

Relativni tiskovni kontrast je proporcionalno ovisan s rasponom gustoće obojenja. Cilj grafičke proizvodnje je postići što veći raspon gustoće obojenja, što uvjetuje da se tijekom tiska ostvari maksimalna vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta. Određivanjem relativnog tiskovnog kontrasta, određuje se i najveća moguća moć reproducibilnosti, a time i najveća kvaliteta grafičkog proizvoda. Mjerenjem relativnog tiskovnog kontrasta promatra se uspješnost reprodukcije punog polja i $\frac{3}{4}$ polja (70-80% RTV-a) koji je najosjetljiviji na povećanje nanosa boje. [21]

Optimalno obojenje za određeni tiskarski sustav postiže se izračunom relativnog tiskovnog kontrasta. Relativni tiskovni kontrast se mjeri i izračunava kako bi se kontrolirao raspon tonova, odnosno raspon gustoće obojenja. Izračunava se u postocima (%).

Da bi dobili vrijednosti Krel potrebno je izvršiti mjerenja pomoću spektrofotometra. Krel se izračunava iz izmjerenih vrijednosti gustoće obojenja punog polja D_{pp} i gustoće obojenja rasterskog polja na području $\frac{3}{4}$ tona D_R (70-80% RTV) (*Jednadžba 3*).

Izračunava se prema formuli:

$$Krel (\%) = \frac{D_{pp} - D_r}{D_{pp}} \times 100$$

Jednadžba 3.

Kao optimalna gustoća obojenja se uzima onda kad je postignut najveći relativni tiskovni kontrast (tada su vidljive visoke rastertonske vrijednosti i utjecaj pomaka u prirastu rastertonskih vrijednosti je minimaliziran).

3 EKSPERIMENTALNI DIO

3.1 Plan rada i metode istraživanja

Eksperimentalni dio će se baviti mjerenjem i usporedbom pet različitih parametara o kojima direktno ovisi kvaliteta otiska. Kako je već spomenuto za standardizaciju kvalitete grafičkog proizvoda, a samim time i za optimalno definiranje kvalitete grafičkog proizvoda, potrebno je definirati što veći broj parametara procesa proizvodnje kako bi se jednostavnije uočilo smanjenje kvalitete konačnog grafičkog proizvoda.

Istraživanje unutar diplomskog rada će se provoditi na otiscima ofsetnog tiska, kao i na otiscima dobivenim digitalnom tehnikom tiska. Mjereni otisci digitalnih tehnika tiska su otisnuti principom elektrofotografije i principom ink jet-a. Pomoću izmjerenih podataka na otiscima, cilj je prikazati korelaciju kvalitete digitalnog i ofsetnog tiska.

Otisci su otisnuti na dvije različite tiskovne podloge. Korišteni papiri su jednaki prema svojoj gramaturi, jedna vrsta papira je nepremazani (naravni) dok je drugi premazani papir. Najčešći postupak dorade papira je premazivanje, o premazu je ovisna i sama kvaliteta tiskovne podloge.

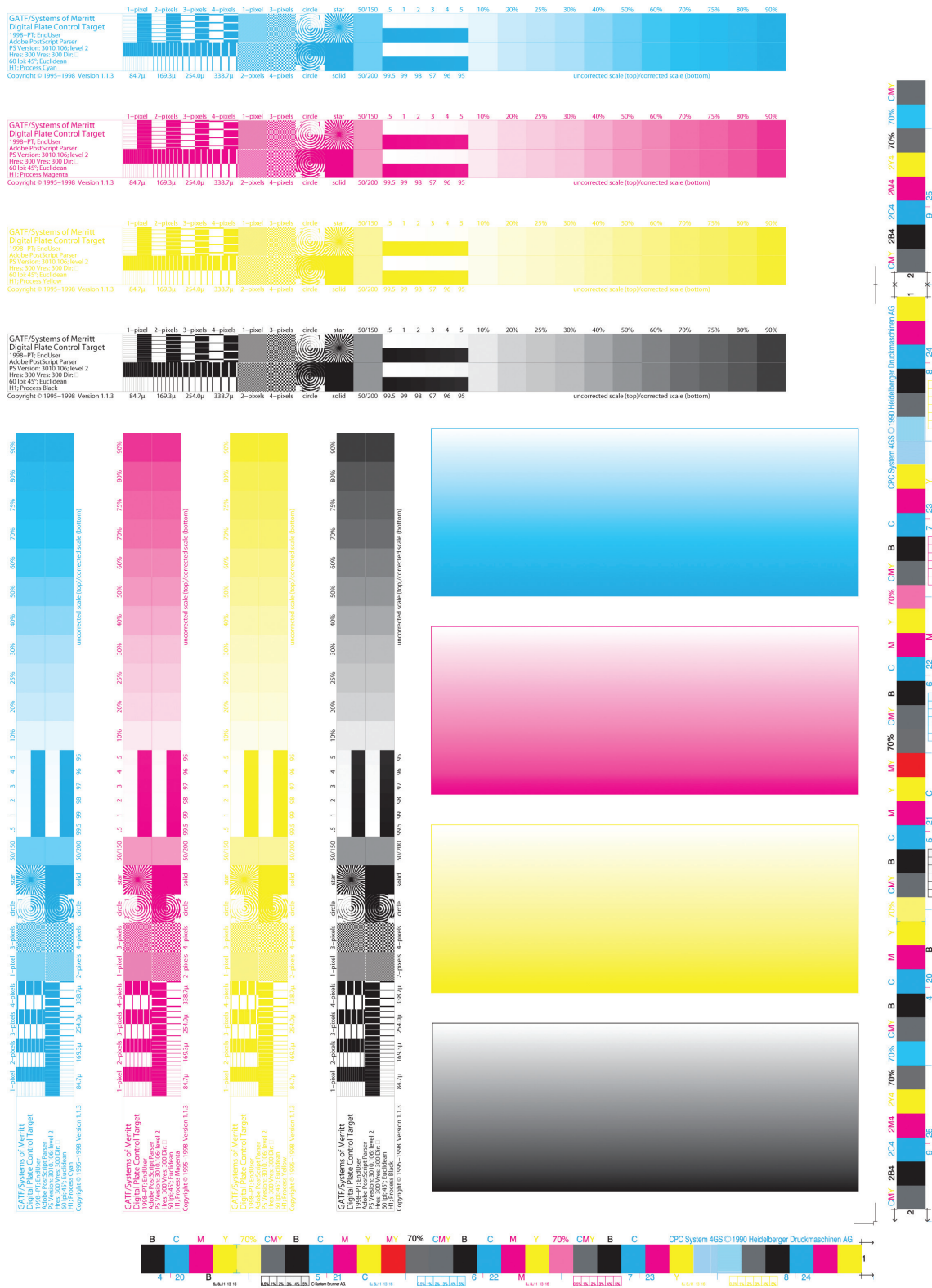
Korištene tiskovne podloge u istraživanju su:

- » 100 g/m² ofsetni papir / bezdrvni (bez premaza) i
- » 100 g/m² Kunstdruck mat (premazani papir).

Prilikom osvjetljavanja i razvijanja ploča za ofsetni tisak, ovisno o gramaturi papira, primjenjuju se i različiti standardi, odnosno linijatura rastera. Za razvijanje ploča koje su se koristile za otiskivanje na ofsetnom papiru korištena linijatura je 150lpi, dok je za *kunstdruck* korištena linijatura od 175lpi.

Otiskivanje se vršilo na jednobojnom **GTO Heidelberg B3 ofsetnom stroju**, **XEROX WORKCENTRE 7566 (elektrofotografija)** i na **EPSON STYLUS SX115 (Ink jet)**.

Mjereni testni oblici su jednaki za sve tri različite tehnike tiska (Slika 14).



Slika 14. Testna forma

Otisci će se mjeriti na testnoj formi uvijek na istom mjestu i jednakim uređajem kako bi rezultati mjerenja bili što precizniji. Pomoću uređaja X-Rite SpectroEye izvršena su denzitometrijska i spektrofotometrijska mjerenja. SpectroEye je ručni spektrofotometar koji osim standardnih denzitometrijskih funkcija podržava i kolorimetrijske funkcije za brzo i jednostavno mjerenje i kontrolu boja. Pomoću ručnog spektrofotometra na otiscima su izmjerene vrijednosti gustoće obojenja punog polja, te polja različite pokrivenosti površine raspona RTV od 0% do 100% u proporcionalnim razmacima od 10%. Mjerene su vrijednosti četiriju osnovnih boja CMYK, svaka boja zasebno.

Pomoću rezultata dobivenih vizualnom i spektrofotometrijskom kontrolom analizirat će se već spomenuti i ranije objašnjeni parametri:

1. Smicanje
2. Prirast rastertonskih vrijednosti
3. Gustoća obojenja punog polja
4. Raspon gustoće obojenja
5. Relativni tiskovni kontrast

4 Rezultati istraživanja spektrofotometrijskih vrijednosti

Za analizu navedenih parametara potrebna je vizualna i spektrofotometrijska kontrola otisaka. Za uočavanje i kontrolu otisaka u prevenciji protiv smicanja dovoljna je vizualna kontrola. Raspon gustoće obojenja se također kontrolira pomoću lupe tj. vizualne kontrole otisaka. Za ostale parametre potrebna su spektrofotometrijska mjerenja. U slijedećim tablicama su prikazani rezultati mjerene pokrivenosti RTV-a u odnosu na stvarnu pokrivenost RTV na poljima različite pokrivenosti površine raspona RTV od 0% do 100% u proporcionalnim razmacima od 10% (*Tablica 1-6.*). Osim navedenih vrijednosti tablice sadrže i gustoću obojenja punog polja za sve četiri osnovne boje (CMYK) kao i gustoću obojenja rasterskog polja na području $\frac{3}{4}$ tona (70 % RTV-a), pomoću navedenih izmjerenih vrijednosti izračunavamo relativni tiskovni kontrast (*Tablica 7-8.*).

Tablica 1.

OFSETNI TISAK; kunstdruck papir, 100g

	CYAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA
10 %	10	11.5	17.5	15.5
20 %	24	24	30.5	30
30 %	36.5	36.5	43	44
40 %	47.5	47	55	57
50 %	60	58.5	67	68
60 %	72	70	80	78.5
70 %	82.5	81	90	87
80 %	89.5	87.5	96	93
90 %	95	93	99	97.5

Tablica 2.

OFSETNI TISAK; ofsetni papir, 100g

	CYAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA
10 %	18	19	17.5	24.5
20 %	32.5	34.5	32	43
30 %	45	48	44.5	58.5
40 %	55.5	60	55.5	71
50 %	65.5	71	67	81.5
60 %	76	82	77	90.5
70 %	85	90.5	87.5	96
80 %	90.5	95.5	92.5	98
90 %	95.5	98.5	97	99.5

Tablica 3.

ELEKTROFOTOGRAFIJA; kunstdruck papir, 100g

	CYAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA
10 %	15.5	8	8.5	25.5
20 %	32	20.5	20.5	47.5
30 %	46	33.5	28	64.5
40 %	59	48.5	38.5	79.5
50 %	70	59	52	89
60 %	78	68.5	65.5	95
70 %	84	75.5	75	97
80 %	88.5	83	83.5	98
90 %	95	92	92.5	99.5

Tablica 4.

ELEKTROFOTOGRAFIJA; ofsetni papir, 100g

	CYAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA
10 %	15.5	8	5.5	23.5
20 %	31	19.5	14	43.5
30 %	45	32.5	24	60
40 %	57.5	46.5	33.5	75.5
50 %	68	58	47	85.5
60 %	76.5	67.5	60.5	92
70 %	83.5	76.5	71	95.5
80 %	88.5	84	81	97
90 %	95	93.5	91.5	98.5

Tablica 5.

INK JET; kunstdruck papir, 100g

	CYAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA
10 %	11	5.5	11.5	21.5
20 %	26	15.5	21.5	28.5
30 %	43.5	29	32.5	36
40 %	59	42.5	46.5	51
50 %	80	57	63	66.5
60 %	89	68	75.5	77.5
70 %	94.5	80.5	86.5	87
80 %	97.5	89.5	94.5	90.5
90 %	99	97.5	99	93.5

Tablica 6.

INK JET; ofsetni papir, 100g

	CYAN	MAGENTA	ŽUTA	CRNA
10 %	17	11.5	14.5	12.5
20 %	34	24.5	23.5	25.5
30 %	51	39.5	35.5	39
40 %	65	51	47	52
50 %	79.5	64	61	64.5
60 %	88	73.5	71.5	74.5
70 %	94.5	84	83.5	81.5
80 %	97	92	91.5	89
90 %	98.5	97.5	98	94.5

Za izračun relativnog tiskovnog kontrasta je potrebno usporedit minimalno 5 otisaka iz jedne naklade. Prvo će se mjeriti gustoća obojenja prvog otiska cijana punog tona i polja rastriranog na 70%. Isto tako izvršit će se mjerenja (cijana) i na ostala četiri otiska jednako kao i mjerenja punog i rastriranog polja na ostalim otiscima (magenta, žuta i crna).

Optimalna gustoća obojenja je ona kada je postignut najveći relativni tiskovni kontrast, te je označena za svaku separaciju zasebno crvenom bojom.

Tablica 7.

CYAN – kunstdruck papir

OTISAK	D _{PP} CYAN	D _R CYAN	Krel (%)
1	1.56	0.72	53,84
2	1.58	0.75	52,53
3	1.52	0.74	51,31
4	1.51	0.74	50,99
5	1.48	0.71	52,02

MAGENTA – kunstdruck papir

OTISAK	D _{PP} MAGENTA	D _R MAGENTA	Krel (%)
1	1.49	0.68	54,36
2	1.51	0.73	51,65
3	1.50	0.73	51,33
4	1.53	0.71	53,59
5	1.48	0.69	53,37

ŽUTA – kunstdruck papir

OTISAK	D _{PP} ŽUTA	D _R ŽUTA	Krel (%)
1	1.41	0.83	41,13
2	1.41	0.79	43,97
3	1.39	0.76	45,32
4	1.40	0.78	44,28
5	1.41	0.80	43,26

CRNA – kunstdruck papir

OTISAK	D _{PP} CRNA	D _R CRNA	Krel (%)
1	1.58	0.85	46,20
2	1.64	0.78	52,43
3	1.67	0.76	54,49
4	1.69	0.81	52,07
5	1.71	0.81	52,35

Tablica 8.

CYAN – ofsetni papir

OTISAK	D _{PP} CYAN	D _R CYAN	Krel (%)
1	1.24	0.69	44,35
2	1.26	0.70	44,44
3	1.28	0.69	46,09
4	1.23	0.67	45,52
5	1.23	0.67	45,52

MAGENTA – ofsetni papir

OTISAK	D _{PP} MAGENTA	D _R MAGENTA	Krel (%)
1	1.38	0.89	35,50
2	1.41	0.86	39,00
3	1.43	0.88	38,46
4	1.39	0.86	38,12
5	1.40	0.85	39,28

ŽUTA – ofsetni papir

OTISAK	D _{PP} ŽUTA	D _R ŽUTA	Krel (%)
1	1.18	0.74	37,28
2	1.14	0.71	37,71
3	1.12	0.71	36,60
4	1.13	0.72	36,28
5	1.11	0.70	36,93

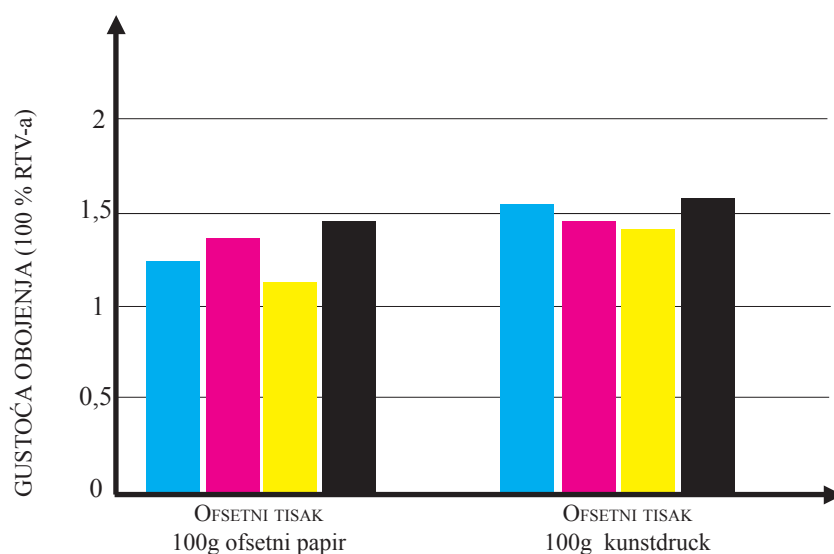
CRNA – ofsetni papir

OTISAK	D _{PP} CRNA	D _R CRNA	Krel (%)
1	1.50	1,19	20,66
2	1.48	1,07	27,33
3	1.53	1,11	27,45
4	1.51	1.05	30,46
5	1.52	1.04	31,57

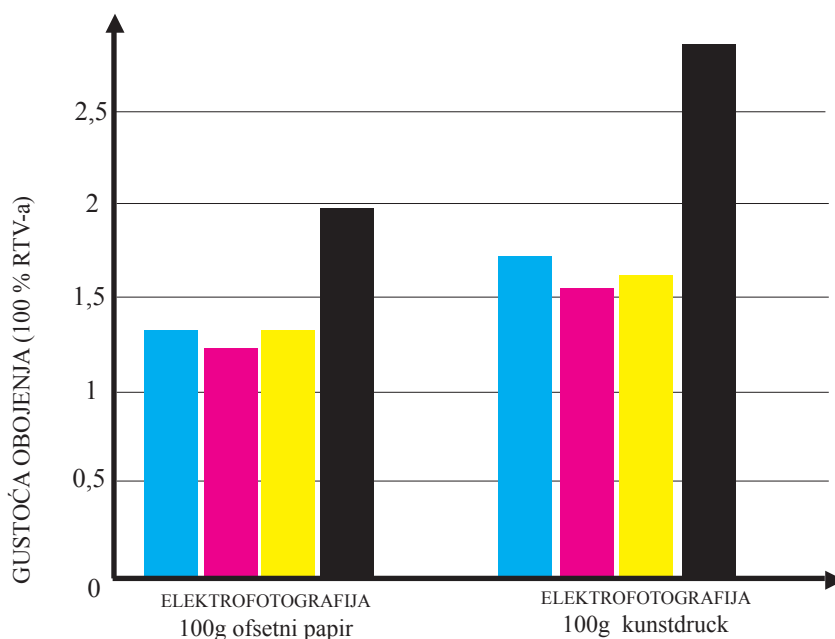
4.1 Grafički prikaz rezultata

Radi lakšeg razumjevanja i analize rezultata, izrađeni su grafički prikazi svih mjenjenih rezultata. Rezultati prikazani u obliku grafova omogućavaju lakšu analizu, a samim time i lakše utvrđivanje nepravilnosti kao što su promjene i oscilacije tijekom naklade.

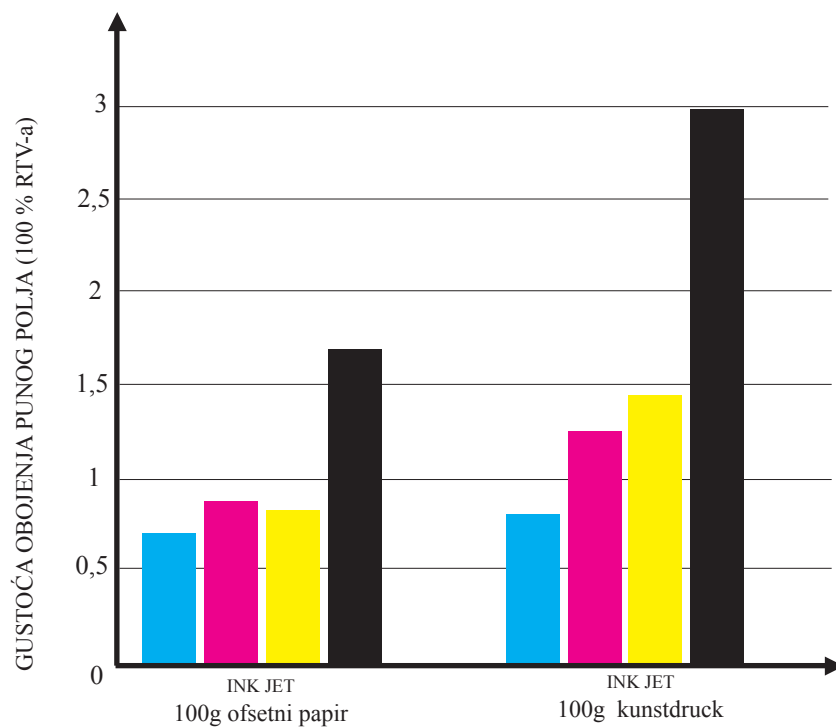
Grafički prikaz rezultata gustoće obojenja punog polja



Slika 15. Grafički prikaz rezultata gustoća obojenja dobivenih ofsetnom tehnikom tiska

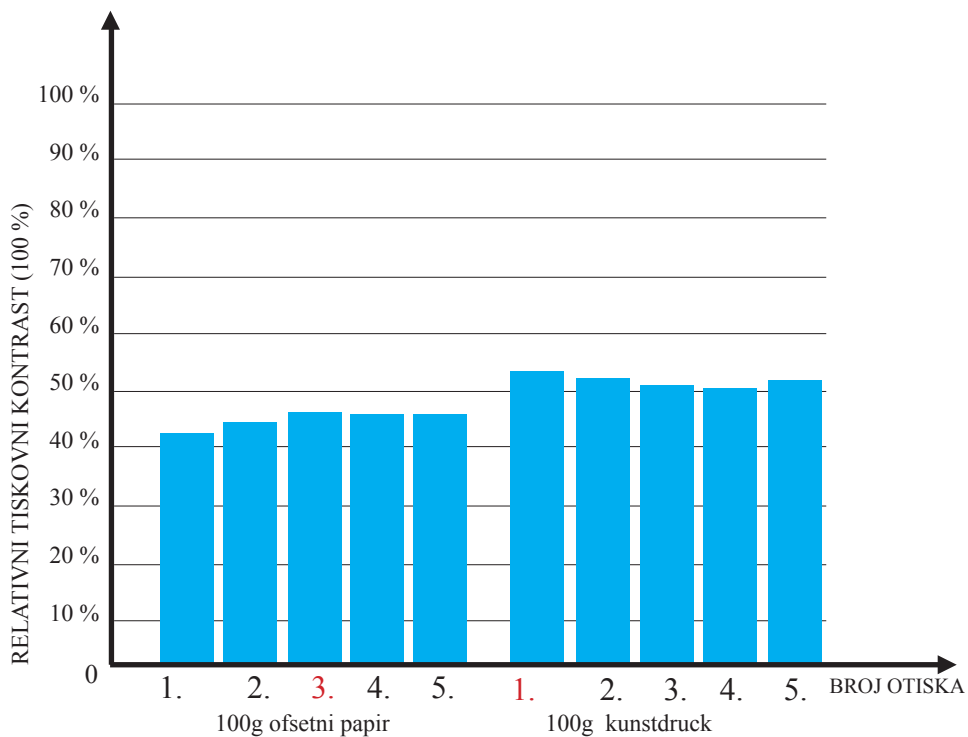


Slika 16. Grafički prikaz rezultata gustoća obojenja dobivenih elektrofotografijom

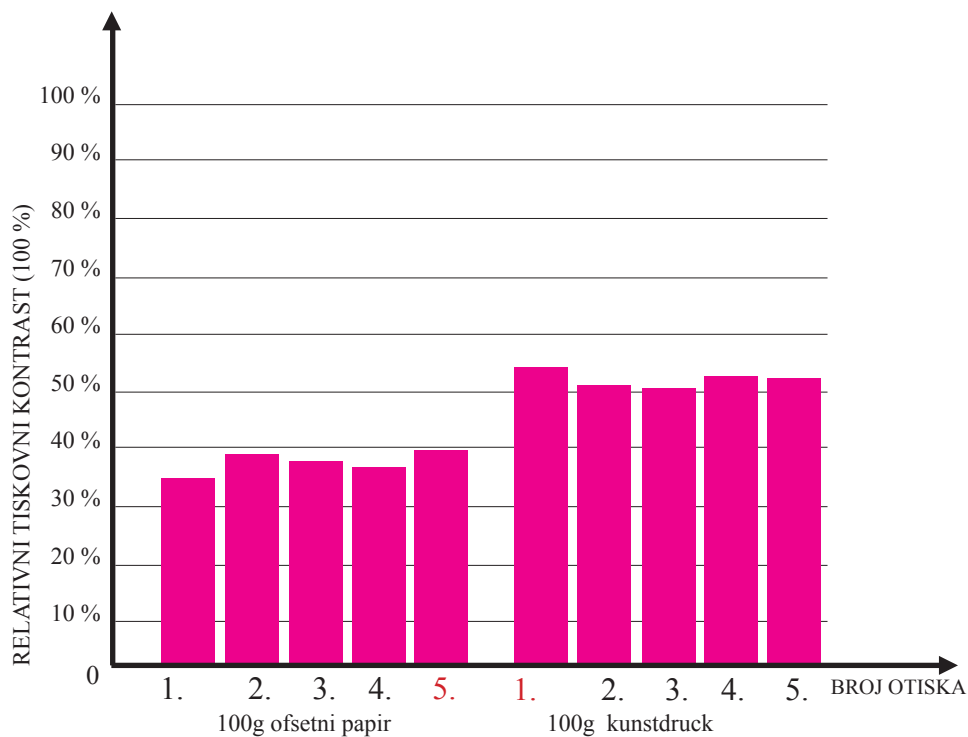


Slika 17. Grafički prikaz rezultata gustoća obojenja dobivenih ink jet tehnologijom

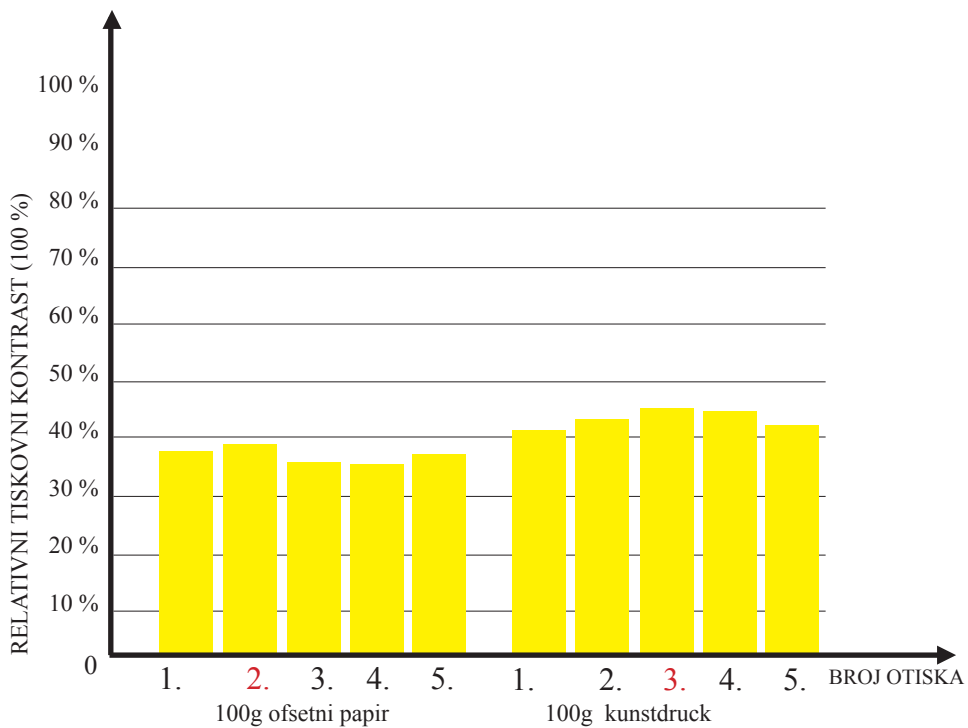
Grafički prikaz rezultata relativnog tiskovnog kontrasta



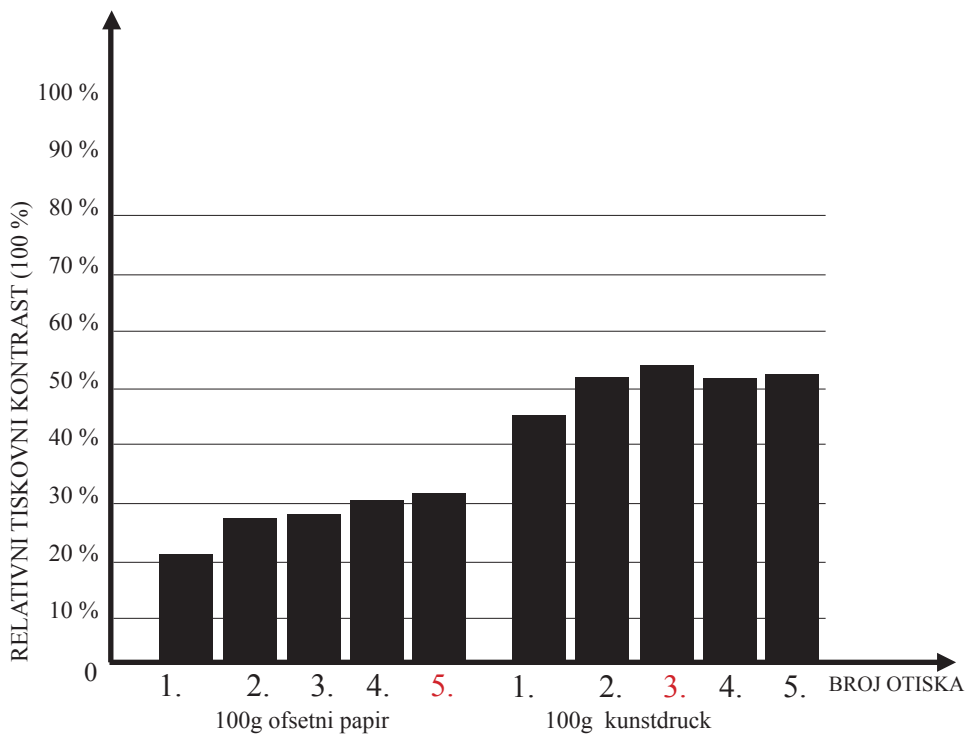
Slika 18. Grafički prikaz rezultata RTV-a za cyan - ofsetna tehnika



Slika 19. Grafički prikaz rezultata RTV-a za magentu - ofsetna tehnika

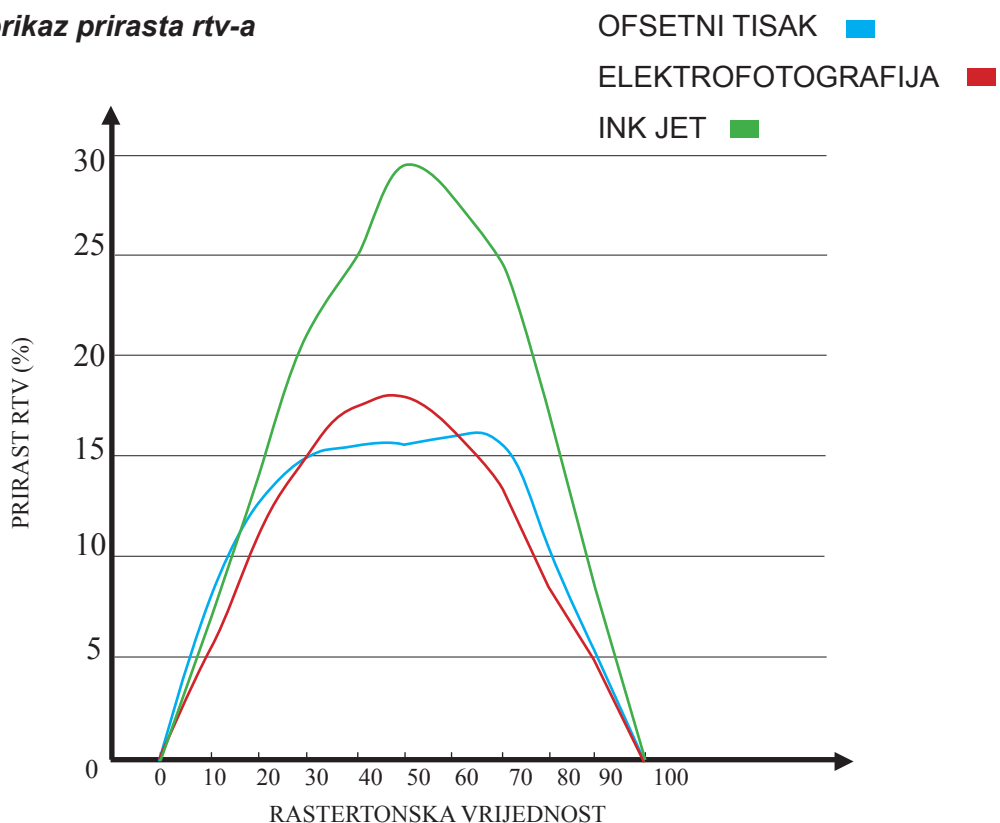


Slika 19. Grafički prikaz rezultata RTV-a za žutu - ofsetna tehnika

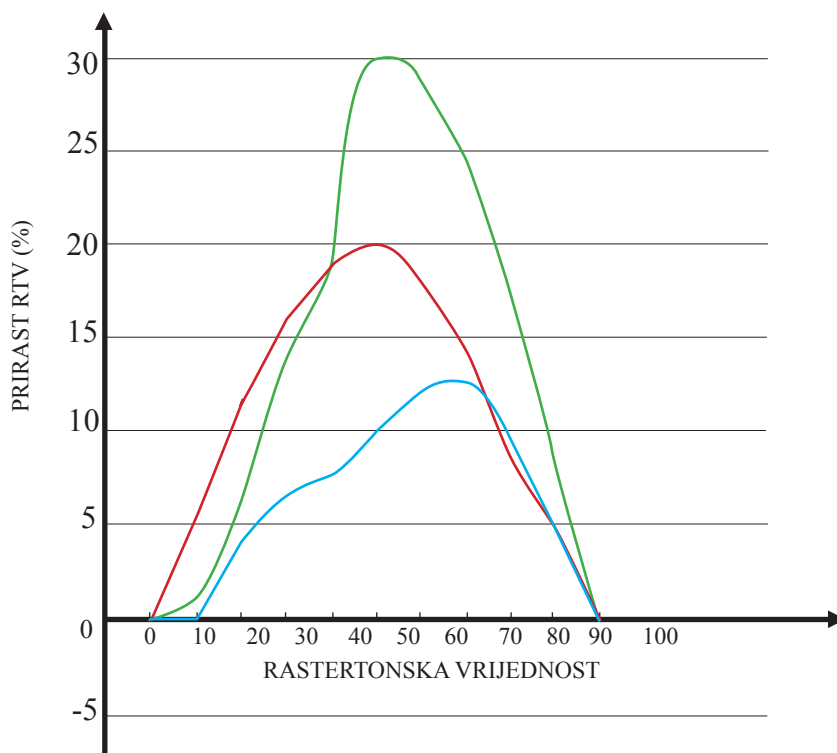


Slika 19. Grafički prikaz rezultata RTV-a za crnu - ofsetna tehnika

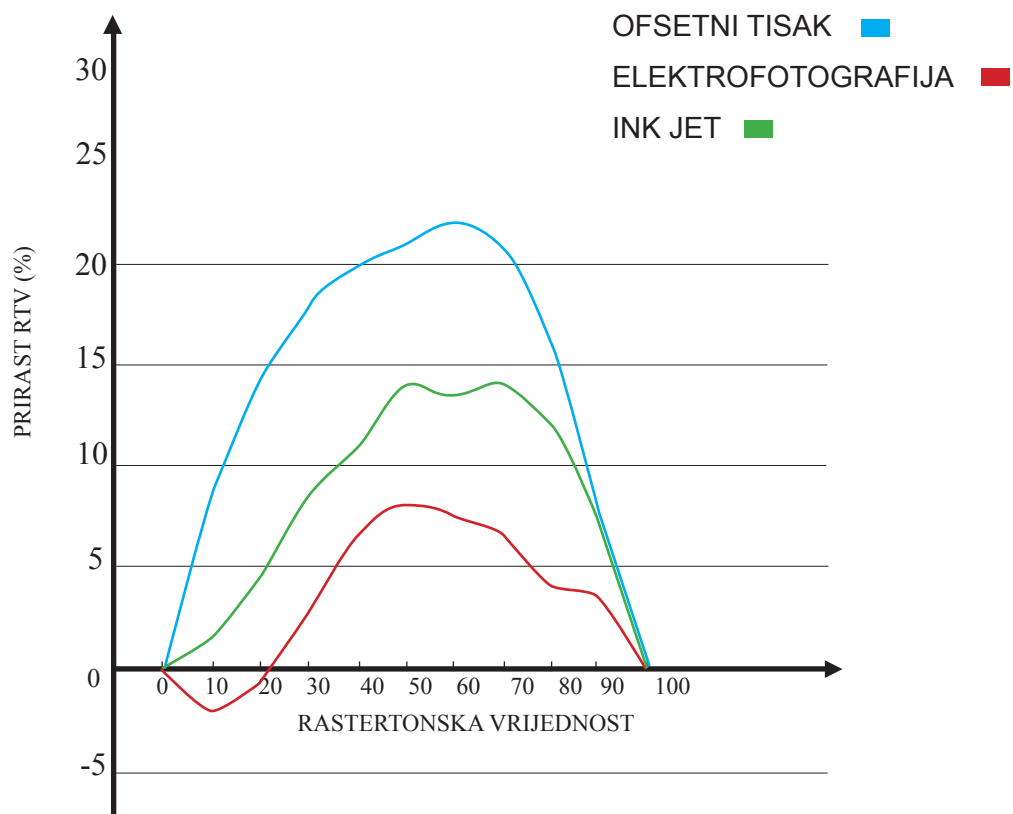
Grafički prikaz prirasta rtv-a



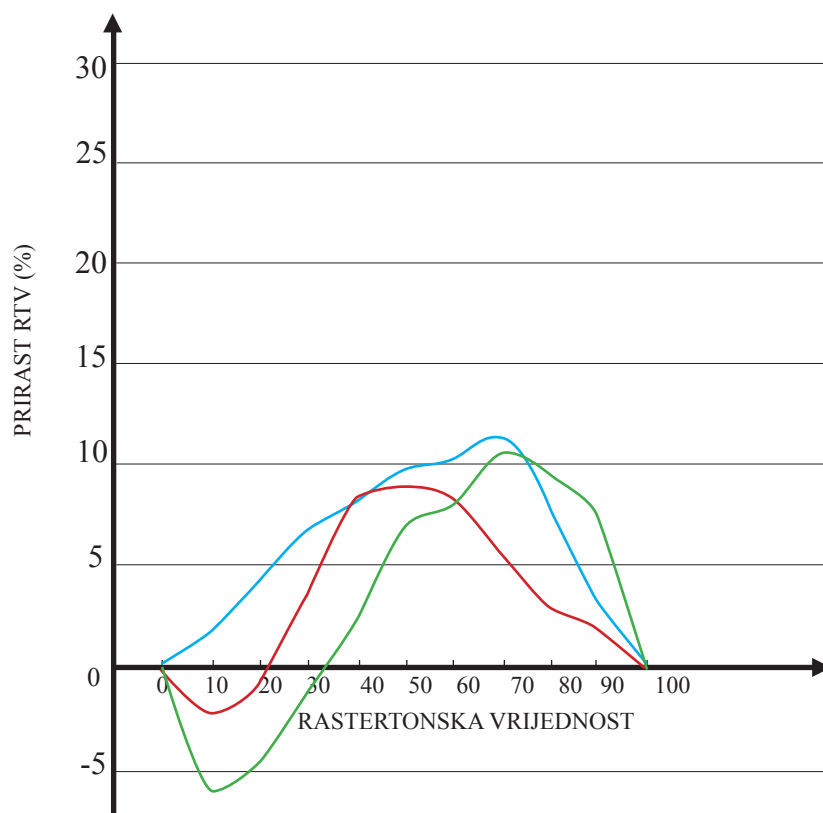
Slika 20. Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za cijan boju - ofsetni papir



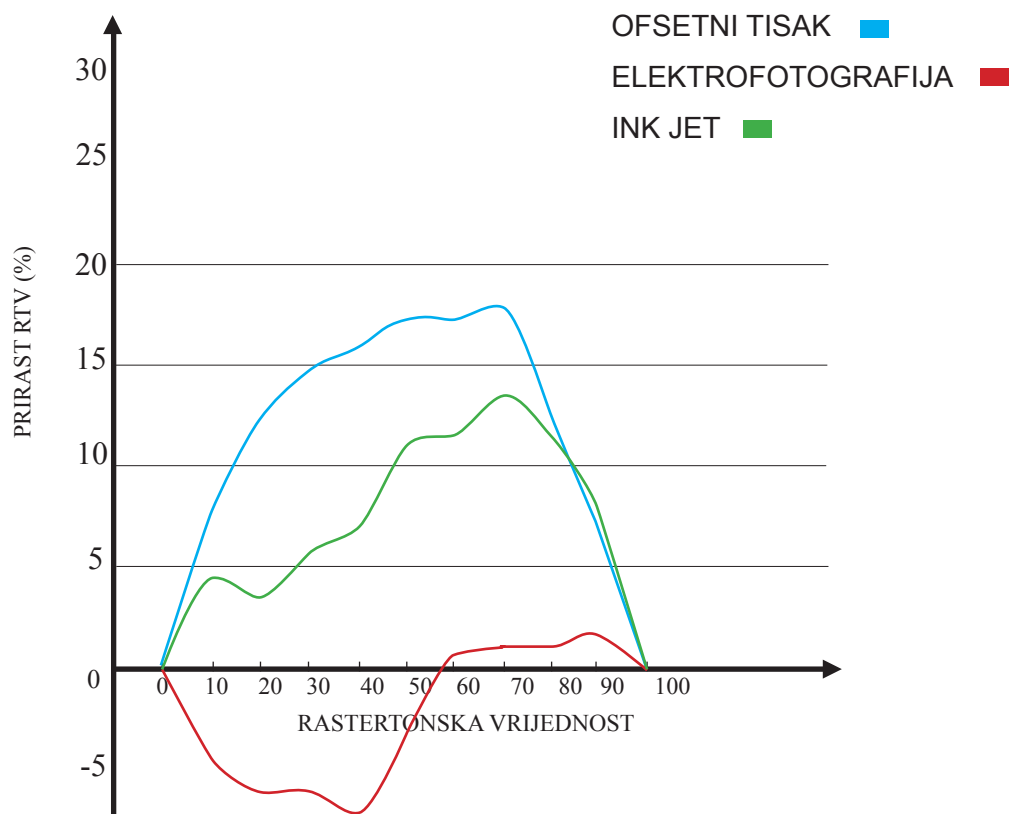
Slika 21. Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za cijan boju - kunstdruck papir



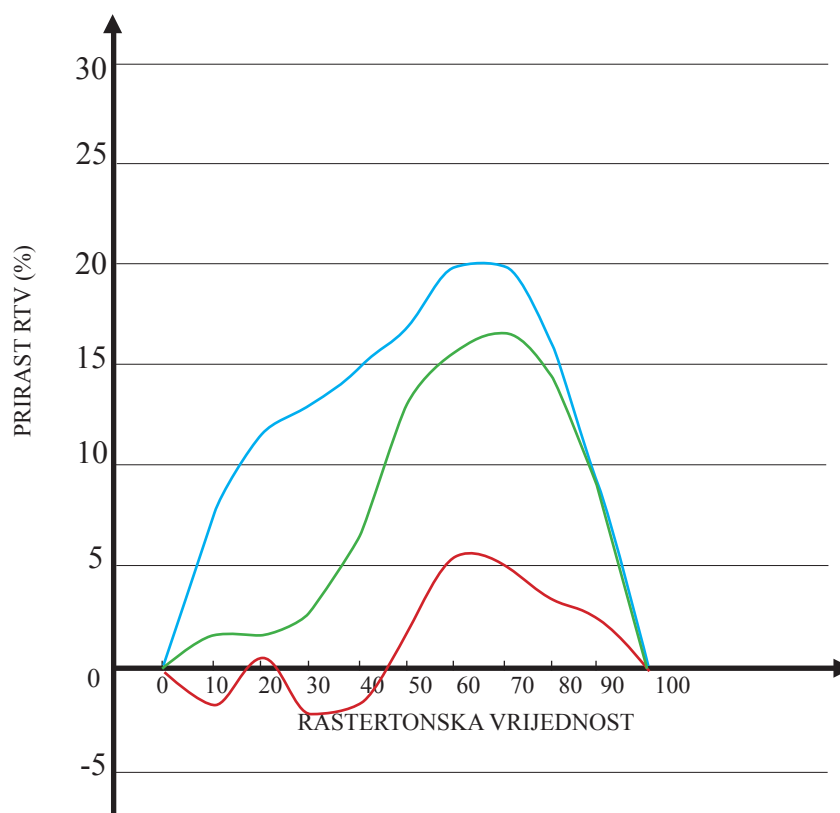
Slika 22. Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za magentu - ofsetni papir



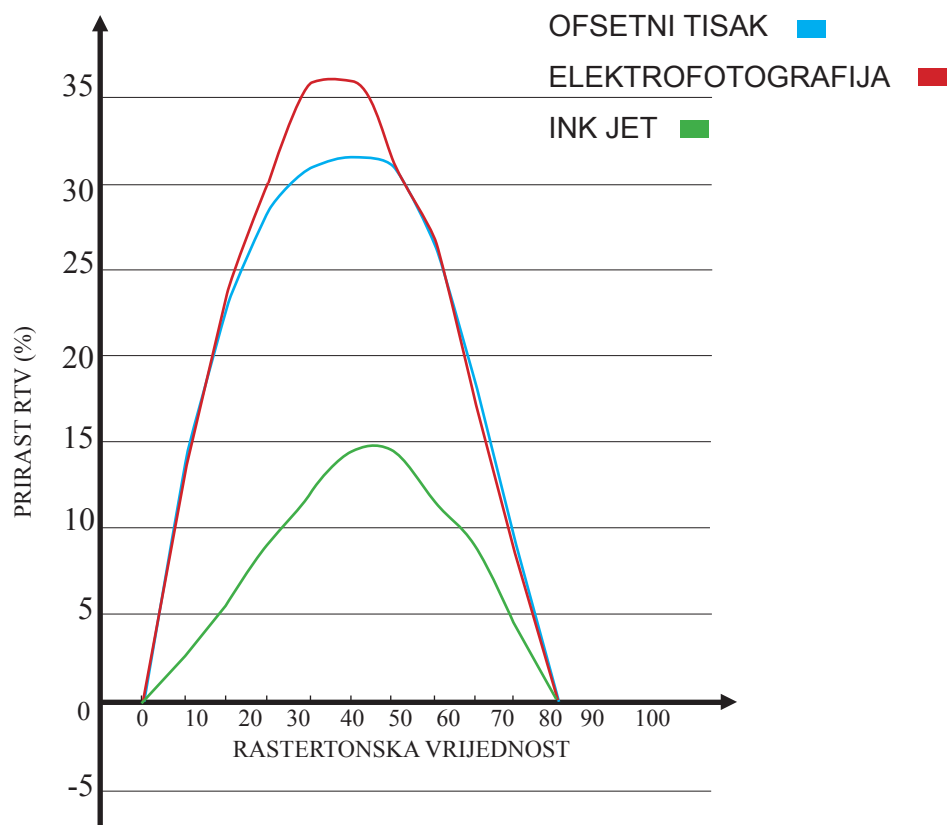
Slika 23. Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za magentu - kunstdruck papir



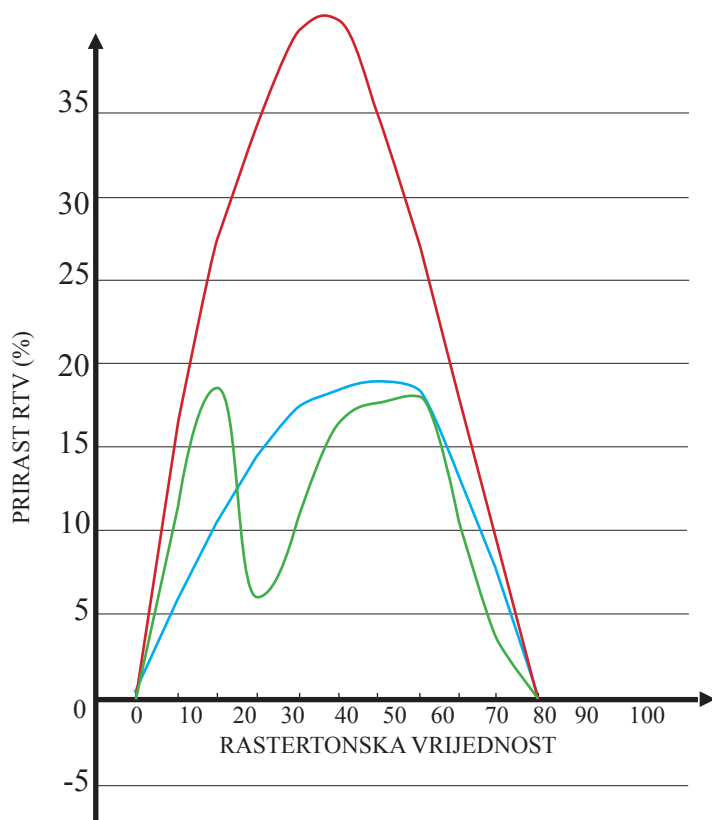
Slika 22. Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za žutu - ofsetni papir



Slika 23. Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za žutu - kunstdruck papir



Slika 22. Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za crnu - ofsetni papir



Slika 23. Krivulje prirasta rastertonskih vrijednosti za crnu - kunstdruck papir

4.2 Diskusija rezultata istraživanja

4.2.1 Smicanje

Kako je već spomenuto smicanje je geometrijska deformacija rasterskih elemenata, koju je vrlo lako vizualno uočiti pomoću zvjezdastog signalnog stripa. Jedan od uvjeta nastanka smicanja je i tisak na manje kvalitetne tiskovne podloge. Kod ofsetne tehnike tiska na *kunstdruck* i ofsetnom papiru nije došlo do pojave smicanja, i na jednom i na drugom zvjezdastom stripu dobiva se latentni osjećaj kružnice uz sami centar signalnog stripa. Međutim kod otiska na ofsetnom papiru zapunjena je veća površina radijusa, koja predstavlja i veću deformaciju rasterskih elemenata.

Kod digitalnih tehnika elektrofotografije i ink jet-a smicanje je prisutno neovisno o vrsti tiskovne podloge. Vidljivo je znatno veće zapunjenje površine radijusa u odnosu na ofsetnu tehniku tiska. Vizualnom kontrolom je vrlo lako uočiti kako je deformacija rasterskih elemenata kod digitalnih tehnika znatno veća u odnosu na ofsetni tisak.

4.2.2 Gustoća obojenja punog polja

Izmjerene vrijednosti na 100%-tnim poljima kontrolnog stripa se odnose na gustoću obojenja punog polja. Vrijednosti su grafički prikazane s obzirom na dvije različite vrste papira i na tri različite tehnologije otiskivanja.

Optimalna vrijednost, za svaku boju zasebno, koja ukazuje na kvalitetnu reprodukciju je odnos boja u kojem najveće obojenje ima crna, cijan mora imati veću vrijednost gustoće obojenja od magente i žute, dok magenta i žuta se mogu tiskati u sličnim vrijednostima ili u onima gdje je gustoća obojenja magente nešto veća od vrijednosti gustoće obojenja žute.

Svaki suprotan odnos vrijednosti je pokazatelj nekvalitetno postavljenog sustava *Color Managementa*.

Iz grafova je jasno vidljivo kako su bez obzira na tehnologiju otiskivanja vrijednosti gustoće obojenja svih boja veće na *kunstdruck* papiru. Neovisno o tehnici tiska kvalitetna reprodukcija zahtijeva i kvalitetniju tiskovnu podlogu.

Konkretno vezano za ofsetni tisak vrijednosti gustoće obojenja na *kunstdruck* papiru su bliže optimalnim vrijednostima gustoća obojenja, koje su jedan od

preduvjeta za kvalitetan otisak. Vrijednosti gustoća obojenja na *kunstdruck* papiru su unutar optimalnog odnosa boja, tako najveće obojenje ima crna, zatim cijan, pa magenta koja ima nešto veće obojenje od žute.

Odnos boja ofsetnog tiska na ofsetnom papiru nije u optimalnim odnosima, crna ima najveće obojenje, međutim obojenje magente je veće od gustoće obojenja cijana.

Uvjeti prilikom otiskivanja na dvije različite podloge se međusobno razlikuju, tako ofsetni papir za razliku od *kunstdruck* papira, zahtijeva veći nanos boje (veće gustoće obojenja). Rezultat istraživanja u kojem nije optimalni odnos boja na ofsetnom papiru je posljedica nekompetentnog nanosa boja na ofsetni papir koji kao takav to zahtijeva.

Vrijednosti gustoća obojenja ofsetnog tiska su optimalnih vrijednosti što je uvjet za kvalitetan otisak.

Kod digitalnih tehnika tiska, neovisno o vrsti papira odnos između boja nije optimalan, te su vrijednosti gustoća obojenja u većim odstupanjima od optimalnih. U svim slučajevima crna ima najveću gustoću obojenja, međutim kod elektrofotografije cijan ima veću gustoću obojenja od magente, jednako kao i žuta. Iz grafa su jasno vidljiva velika odstupanja crne u odnosu na ostale boje.

Ink jet tehnologija se pokazala kao najlošija, s malim gustoćama obojenja i nepravilno postavljenim sustavom boja. Crna ponovno ima najveću gustoću obojenja, međutim i magenta i žuta imaju veću gustoću obojenja od cijan. Kod ink jet tehnologije su najveće razlike između vrijednosti gustoća obojenja, tako crna na *kunstdruck* papiru doseže vrijednost od 2,99, a cijan tek 0,86.

Konkretno za gustoću obojenja kod ofseta, najveća prednost je mogućnost reguliranja nanosa bojila. Kontrola vrijednosti gustoća obojenja tijekom otiskivanja omogućuje postizanje najoptimalnih vrijednosti, a samim time i otisak najkvalitetnijih reprodukcija. Kada *Color Management* nije pravilno postavljen, postoji mogućnost ispravljanja grešaka već u najranijim fazama otiskivanja. Upravo je ta mogućnost i postizanje optimalnih vrijednosti prednost ofsetnog tiska nad digitalnim.

4.2.3 Raspon gustoće obojenja

Smanjenje raspona gustoće obojenja je jedan od osnovnih uvjeta nastanka loših reprodukcija. Uvjet za reprodukciju malih i velikih rastertonskih vrijednosti je maksimalni raspon gustoće obojenja. Raspon gustoće obojenja se kontrolira vizualno, uz povećanje, pomoću lupe. Donja i gornja granica raspona gustoće obojenja rasterskog elementa RTV na otisku moraju biti vidljive. Gornja granica raspona gustoće obojenja je vidljiva kada se na otisku vidi bjelina, odnosno kada je rasterski element odvojen od susjednog rasterskog elementa.

Optimalni raspon gustoće obojenja za tisak iz arka je takav da se polje od 97% (gornja granica obojenja) rastertonske vrijednosti ne zapunjava, a da je polje od 3 % (donja granica obojenja) rastertonske vrijednosti vidljivo.

Kod ofsetne tehnike na ofsetnom i *kunstdruck* papiru rasterski element od 3% rastertonske vrijednosti je vidljiv pod povećanjem, dok se polje od 97% rastertonske vrijednosti u većini slučajeva ne zapunjava. Na poljima od 97% rastertonske vrijednosti cijana, magente i crne se vide netiskovne površine što je dokaz optimalnog raspona gustoće obojenja. Razlučivost svih boja na otiscima, neovisno o tiskovnoj podlozi, je optimalna u svim slučajevima osim kod žute i na ofsetnom i na *kunstdruck* papiru.

Kod digitalne tehnike elektrografije donja granica obojenja je vidljiva na ofsetnom i na *kunstdruck* papiru za cyan, magentu i crnu boju. Na otisnutim poljima od 97% (gornja granica obojenja) rastertonske vrijednosti na ofsetnom i *kunstdruck* papiru je došlo do zapunjenja, te netiskovne bijele površine nisu vidljive kod svih četiriju boja.

Kod ink jet tehnologije donja granica obojenja je vidljiva kod sve četiri boje na ofsetnom i *kunstdruck* papiru. Kod gornje granice obojenja na ofsetnom papiru kod cijan, magente i žute nije došlo do zapunjenja za razliku od crne gdje bjelina nije vidljiva. Na *kunstdruck* papiru bjelina između tiskovnih elemenata nije vidljiva, odnosno došlo je do zapunjenja rastertonskih vrijednosti svih boja.

4.2.4 Relativni tiskovni kontrast

Optimalno obojenje za određeni tiskarski sustav postiže se izračunom relativnog tiskovnog kontrasta. Relativni tiskovni kontrast se mjeri i izračunava kako bi se kontrolirao raspon tonova, odnosno raspon gustoće obojenja. Optimalna gustoća obojenja je ona kada je postignut najveći relativni tiskovni kontrast. Kako bi se izračunao relativni tiskovni kontrast na tiskarskom stroju se otisnu otisci s obojenjem većim od preporučenih vrijednosti. Otiskivanje se vrši bez dotoka bojila u uređaj za obojenje. Otisak na kojem Krel ima svoju maksimalnu vrijednost smatra se optimalnim obojenjem. Cilj je tijekom naklade uskladiti relativni tiskovni kontrast na svim otiscima i za svaku boju, odnosno postići kontinuirani relativni tiskovni kontrast sa odstupanjima u okviru od 5%.

Za izračun relativnog tiskovnog kontrasta je potrebno usporedit nekoliko otisaka iz iste naklade.

Iz otisaka na ofsetnom papiru je postignut kontinuirani relativni tiskovni kontrast, čija su odstupanja unutar okvira od 5 %, za cijan, magentu i žutu. Kod crne postoje varijacije iznad 5%.

Otisci mjereni na *kunstdruck* papiru su za cijan, magentu i žutu optimalni, vidljiv je kontinuirani relativni tiskovni kontrast čije su vrijednosti unutra okvira od 5%. Vrijednosti za crnu izlaze iz zadanog okvira od 5%, najveća razlika vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta je između prvog i trećeg otiska te iznosi 9%.

Otisci koji imaju najveću vrijednost relativnog tiskovnog kontrasta su označeni crvenom bojom, i kao takvi se smatraju optimalnim obojenjem.

Veće vrijednosti relativnog tiskovnog kontrasta su na *kunstdruck* papiru, što je rezultat većih vrijednosti gustoća obojenja.

Jedna od prednost ofsetnog tiska u odnosu na digitalni je ta što se tijekom naklade mogu podešavati vrijednosti gustoća obojenja, te se na taj način postižu najoptimalnije vrijednosti koje su uvjet kvalitetnog otiska. Tijekom otiskivanja naklade kontrolom i mjerenjem vrijednosti na otiscima moguće je regulirat i prilagodit vrijednosti onim najoptimalnijima.

4.2.5 Prirast rastertonskih vrijednosti

Pojava prirasta rastertonskih vrijednosti, tijekom procesa otiskivanja, je neizbježna. Prilikom otiskivanja dolazi do deformacije rasterstih elemenata, što uvjetuje pojavu prirasta RTV.

Kako bi se prirast RTV predvidio i umanjio potrebno je ustanoviti vrijednosti prirasta rastertonskih vrijednosti, kako je već spomenuto mjerene su vrijednosti različite pokrivenosti površine raspona od 10% do 100% RTV. Dobivene vrijednosti su prikazane u obliku krivulje prirasta, za svaku CMYK separaciju zasebno ovisno o tehnici tiska i vrsti papira.

Smanjenje prirasta je jedan od temeljnih uvjeta ostvarivanja kvalitetene reprodukcije. Kvalitetan grafički proizvod zahtijeva i kvalitetnu tiskovnu podlogu. Osim smanjenja prirasta uvjet kvalitetne reprodukcije je i dovođenje sustava u točno definiran prirast RTV.

Jasno je da vrsta tiskovne podloge utječe na samu kvalitetu otiska. Premazani papiri tzv. *kunstdruck* tehničkim karakteristikama omogućava kvalitetniju reprodukciju boje i teksta od ofsetnog papira.

Na prikazanim grafovima jasno je vidljivo da je u ofsetnom tisku ukupno smanjenje prirasta rastertonskih vrijednosti na *kunstdruck* papiru veće u odnosu na ofsetni papir.

Kod ofsetnog tiska prirast RTV na *kunstdruck* papiru za cyan, magentu i crnu je manji u odnosu na prirast RTV na ofsetnom papiru, međutim prirast žute na ofsetnom papiru je manji od prirasta žute na *kunstdruck* papiru.

Neovisno o vrsti papira kod ofsetnog tiska, krivulje prirasta su uvijek pozitivne. Osim samih vrijednosti i oblik krivulje mnogo govori o kvaliteti otiska. Iz priloženih grafova je vidljivo kako krivulje prirasta kod ofsetnog tiska više zadovoljavaju optimalni izgled krivulja (kategorije A-H) u odnosu na krivulje digitalnih tehnika tiska. Krivulje prirasta ofsetnog tiska za sve 4 boje, svojim oblikom više manje odgovaraju optimalnom obliku krivulja, pozitivne su i nema velikih odstupanja. Istraživanje dokazuje kako je ofsetna tehnika tiska kvalitetnija u odnosu na digitalne.

Ofsetna tehnika tiska za kvalitetniju reprodukciju zahtijeva premazani papir, prema dobivenim rezultatima digitalnih tehnika tiska premazani papir i nije uvjet za kvalitetniju reprodukciju.

Prilikom otiskivanja digitalnom tehnikom elektrofotografije krivulje prirasta nisu u svakom od četiri slučaja pozitivne. Tako kod magente i žute neovisno o vrsti papira, početne vrijednosti prirasta su negativne. Oblici krivulja su nepravilnih obilka i sa velikim odstupanjima. Krivulja prirasta za crnu boju ima uvjerljivo najveći prirast kod tehnike elektrofotografije i to čak do 39%.

Kvaliteta Ink jet tehnologije otiskivanja, jednako kao i elektrofotografija, nije ovisna o vrsti papira. Krivulje prirasta su također nepravilnih oblika s velikim odstupanjima. Kod magente otisnute na kunstdruck papiru početna vrijednost prirasta je negativna, dok najveći prirast ima cyan (30%) kod obadvije vrste papira.

5 ZAKLJUČCI

Velika konkurencija današnjeg tržišta zahtijeva kvalitetan otisak. Kvalitetan otisak podrazumijeva realnu prezentaciju otisnutih vizualnih informacija. Standardi moraju zadovoljavati kupca i njegove potrebe za povoljnom cijenom kvalitetnog proizvoda otisnutog u što kraćem vremenskom roku. Uzročno posljedičnom vezom standardi grafičke proizvodnje su se prilagodili kvaliteti, brzjoj i jeftinoj proizvodnji. Standardizacija proizvodnje je uvjet za onemogućavanje pada kvalitete grafičkog proizvoda.

Kako bi se postavili standardi unutar ofsetnog i digitalnog tiska moraju se zadovoljiti uvjeti kompatibilnosti sustava, te tehnički i tehnološki uvjeti unutar same proizvodnje. Kvaliteta ofsetnog otiska je uvjetovana mnogobrojnim definiranim parametrima, koji omogućavaju proizvodnju unutar zadanih okvira te ne dozvoljavaju promjenjivim uvjetima tiska narušavanje kvalitete otiska.

Istraživanje je pokazalo kako je ofsetni tisak kvalitetnija tehnika tiska u odnosu na digitalni. Unutar okvira svih pet mjerenih parametara ofsetni tisak se pokazao kao kvalitetnija tehnika otiskivanja.

Geometrijska deformacija rasterskih elemenata je bila prisutna kod obadvije tehnike digitalnog tiska, dok kod ofsetnog tiska nije došlo do pojave smicanja.

Prilikom mjerenja gustoće obojenja punog polja sustav vrijednosti je pravilno postavljen kod ofsetnog otiska na *kunstdruck* papiru što je relevantan pokazatelj pravilno postavljenog sustava *Color Management-a*. Kod ofsetnog tiska na ofsetnom papiru sustav vrijednosti je nepravilno postavljen kao posljedica nedovoljnog nanosa boje, koji ofsetni papir kao takav zahtijeva.

Kod digitalnih tehnika tiska, neovisno o vrsti papira odnos između bojila nije optimalan. Vrijednosti gustoća obojenja su u većim odstupanjima od optimalnih. Ink jet tehnologija se pokazala kao najlošija, s malim gustoćama obojenja i nepravilno postavljenim sustavom boja.

Raspon gustoće obojenja je kod ofsetnog tiska gotovo optimalan (osim kod žute na ofsetnom i na *kunstdruck* papiru), rasterski element od 3% RTV je vidljiv pod povećanjem, a polje od 97% RTV se ne zapunjava.

I u ovom slučaju su se digitalne tehnike pokazale lošijim, raspon gustoće obojenja nije postavljen unutar zadanih optimalnih okvira.

Relativni tiskovni kontrast je mjereno na ofsetnim otiscima na *kunstdruck* i ofsetnom papiru. Na ofsetnom papiru je postignut kontinuirani relativni tiskovni kontrast za cijan, magentu i žutu. Kod crne postoje varijacije iznad 5%.

Otisci na *kunstdruck* papiru su za cijan, magentu i žutu optimalni, vidljiv je kontinuirani relativni tiskovni kontrast čije su vrijednosti unutra okvira od 5%. Vrijednosti za crnu izlaze iz zadanog okvira od 5%.

Tiskovna podloga bitno utječe na samu kvalitetu otiska tako je u ofsetnom tisku ukupno smanjenje prirasta rastertonskih vrijednosti na *kunstdruck* papiru veća u odnosu na ofsetni papir. Krivulje prirasta ofsetne tehnike su pozitivne, gotovo optimalnih vrijednosti, bez velikih odstupanja i više zadovoljavaju optimalni izgled krivulje. Kod digitalnih tehnika početne vrijednosti prirasta su negativne, krivulje su nepravilnih oblika i s velikim odstupanjima.

Na temelju dobivenih rezultata, grafova i detaljne analize utvrđeno je kako je kvaliteta ofsetnog tiska na višoj razini od kvalitete digitalnih otisaka. Svi mjereni parametri su dokazali kako su vrijednosti ofsetnog tiska optimalnije u odnosu na vrijednosti digitalnog tiska. Eksperimentalni dio diplomskoga rada je pokazao kako i sama kvaliteta tiskovne podloge utječe na kvalitetu otiska. Tako su se otisci na *kunstdruck* papiru pokazali kvalitetnijim od otisaka na ofsetnom papiru.

6 LITERATURA

- [1]. Tomislav Kosić, Osnove tiska, dostupno na : <http://www.studij dizajna.com/tkosc/tisak.pdf>, 16.3.2012
- [2]. Stanislav Bolanča, Glavne tiskarske tehnike, Acta – graphica, Zagreb, 1997.
- [3]. Vusić D, Valdec D, Tehnički glasnik, dostupno na: https://bib.irb.hr/datoteka/317116.Vrhunske_tehnologije_digitalnog_tiska.pdf, 21.3.2012
- [4]. Helmut Kipphan, Handbook of Print Media, Heidelberg, Njemačka, 2001.
- [5]. Majnarić, I. „Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge“, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb, 2004.
- [6]. Majnarić; Studija indirektna elektrofotografije, doktorska disertacija, Grafički Fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2007.
- [7]. Tomislav Kosić, Osnovni grafički materijali – grafičke boje, dostupno na: <http://www.studij dizajna.com/tkosc/boje.pdf>, 22.3.2012
- [8]. Epson Corporate, What is Micro Piezo Technology?, dostupno na: http://global.epson.com/innovation/printing_technology/micro_piezo_technology/, 22.3.2012.
- [9]. Maja Strgar Kurečić, “Uvođenje CGRT testne karte boja za karakterizaciju digitalnog fotografskog sustava”, doktorska disertacija, Grafički Fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- [10]. Ilić T., Standardizacija grafičke pripreme/Standardisation in Prepress, dostupno na: http://zastita.info/hr/clanak/2006/1/standardizacija-graficke-pripreme_standardisation-in-prepress-%28t.-ilic%29,60,1664.html, 4.4. 2012.
- [11]. Jelaska D., ELEMENTI STROJEVA, dostupno na: <http://www.fesb.hr/~djelaska/documents/ES-skripta-760.pdf>, 6.4.2012.

- [12]. ISO Certifikati, dostupno na:
<http://www.ivasim.hr/o-ivasimu/iso-certifikati>, 8.4.2012.
- [13]. Agić D., Poljičak A., Kalibracija reprodukcijskog sustava po ISO specifikacijama, dostupno na: http://www.ziljak.hr/tiskarstvo/tiskarstvo07/Radovi%2007htm/Agic_poljicak3.html, 8.4.2012.
- [14]. Rees M., Chung R., Bridging Traditional and Digital Printing Standards, dostupno na: http://cias.rit.edu/~gravure/tt/pdf/others/TT6_Rees_Chung.pdf, 9.4.2012.
- [15]. Kraushaar A., New: Fogra PSD – ProzessStandard Digital, dostupno na: http://www.fogra.org/dokumente/upload/2ef65_extra25web.pdf, 9.4.2012.
- [16]. Široki M., REGprint, Pisači za svačiji ukus, dostupno na: <http://www.ambalaza.hr/hr/croprint/2011/12/pisaci-za-svaciji-ukus,207,6540.html>, 10.4.2012.
- [17]. Lazar K., Jelenić M., Utjecaj deformacije rasterskog elemenata na kvalitetu otiska, Blaž Baromić 2005 - zbornik radova, Matica hrvatska Senj, Zagreb, 2005., 205-208
- [18]. Zjakić I., Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2007
- [19]. Zjakić I, Bolanča S, Mrvac N, Utjecaj prirasta RTV na kvalitetu tiska velikih naklada, Blaž Baromić 2006 - zbornik radova, Matica hrvatska Senj, Zagreb, 2006., 121-126
- [20]. Majnarić I, Brozinčević M, Bolanča S., Optički aspekti digitalnog tiska na adhezivnim medijima, dostupno na: <http://bib.irb.hr/datoteka/227899.Majnarić.pdf>, 3.5.2012.