

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

**DARKO PEĆANAC**

**REPRODUKCIJA GAMUTA U  
TEHNIKAMA DIGITALNOG TISKA**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2012

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

SMJER I MODUL  
(TEHNIČKO TEHNOLOŠKI, GRAFIČKA TEHNOLOGIJA)

**REPRODUKCIJA GAMUTA U  
TEHNIKAMA DIGITALNOG TISKA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

doc. dr. sc. Igor Zjakić

Student:

Darko Pećanac

## **ZAHVALE:**

Zahvaljujem se Katedri za tisak, Grafičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu i mentoru doc. dr. sc. Igoru Zjakiću, za pomoć prilikom pisanja ovog rada te za dozvolu korištenja prostora i svih potrebnim mjernih uređaja.

Također, zahvaljujem se dipl. ing. Ireni Bates, koja mi je više puta izašla u susret prilikom mjerenja otisaka u kabinetu Grafičkog fakulteta.

Posebna zahvala dr. sc. Igoru Majnariću, na pojašnjavanju svih nedoumica potrebnih za savladavanje mjernih uređaja i programa, kao i za savjete prilikom pisanja ovog rada.

## **SAŽETAK:**

U ovom diplomskom radu će se objasniti pojam gamuta te kako pojedini parametri utječu na njega prilikom otiskivanja u tehnikama digitalnog tiska. Glavni cilj svakog tiska jest postizanje što vjerodostojnijeg otiska. Što je mogućnost reprodukcije gamuta u tisku veća, veća je i mogućnost što vjerodostojnijeg otiska.

Odabrane su dvije najzastupljenije tehnike digitalnog tiska. Ink jet i elektrofotografija, na kojima je obavljen eksperimentalan dio. Za ink jet su odabrana dva tehnički različita stroja, Epson Stylus Photo R2400 te Roland Versa UV LEC 300. Za elektrofotografiju su odabrani, Indigo HP5500 te Konica Minolta C450, također tehnički različiti. Svaki otisak je obavljen na dvije različite papirne tiskovne podloge. Agrippina 190 g/m<sup>2</sup>, ofsetni papir (*ne premazani*), te Magno Satin 200 g/m<sup>2</sup>, kunstdruck papir (*premazani*).

Dobiveni rezultati, pokazat će kako se mijenja volumen gamuta (V) kroz „*ink jet*“ i „*elektrofotografiju*“ na različitim strojevima, te koje su razlike s obzirom na različitu tiskovnu podlogu što je ujedno i cilj ovog rada.

### **Ključne riječi:**

Color management, gamut, elektrofotografija, ink jet.

## **ABSTRACT:**

This thesis will explain the concept of gamut and how the parameters affect him while printing with digital printing techniques. The main goal of any printing is to reach best possible credibly of printing. If the possibility of reproduction much quality gamut are bigger, then the possibility of more quality printings are higher.

There are selected the two most common techniques of digital printing. Ink jet and electrophotography, which are used in experimental part of this thesis. For ink jet are selected two techically different machines, Epson Stylus Photo R2400 and Roland VERSA UV LEC 300. For electrophotography are selected Indigo HP5500 andKonica Minolta C450, also technically different machines. Every print is made on two different papers, Agrippina 190 g, ofset paper (not coated) and Magno Satin 200g, kunstdruck paper (coated).

This results will show differences of volume gamut (V) on a different „*Ink jet*“ and „*electrophotography*“ machines and it will show us what are the differences due to different papers.

## **Keywords:**

Color management, gamut, electrophotography, ink jet.

# SADRŽAJ:

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME DIPLOMSKOG RADA

## ZAHVALE

## SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>10</b>
2.1. COLOR MANAGEMENT SUSTAV.....	10
2.1.1. INTERNATIONAL COLOR CONSORTIUM (ICC) .....	11
2.1.2. COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE (CIE) .....	12
2.1.3. REFERENTNI PROSTOR BOJA (PCS) .....	13
2.1.4. MODUL SA ALGORITMIMA ZA USKLAĐIVANJE BOJA (CMM) .....	15
2.1.5. ICC PROFILI .....	16
2.2. GAMUT .....	17
2.2.1. IZRAČUNAVANJE GAMUTA .....	18
2.2.2. IZJEDNAČAVANJE GAMUTA .....	20
2.2.3. MAPIRANJE GAMUTA .....	21
2.2.4. METODE MAPIRANJA GAMUTA .....	22
2.3. DIGITALNI TISAK .....	27
2.3.1. ELEKTROFOTOGRAFIJA .....	28
2.3.2. INK JET .....	30
2.3.2.1. KONTINUIRANI INK JET .....	31
2.3.2.2. KAPLJASTI INK JET .....	33
2.4. MJERENJE U KONTROLI KVALITETE TISKA .....	36
2.4.1. KALIBRACIJA I KARAKTERIZACIJA UREĐAJA .....	36
2.4.2. MJERNI UREĐAJI .....	38
2.4.3. STRIPOVI ZA KONTROLU I VOĐENJE TISKA .....	40

2.4.3.1. SIGNALNI STRIPOVI .....	40
2.4.3.2. MJERNI STRIPOVI .....	41
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>42</b>
3.1. METODOLOGIJA RADA .....	42
3.1.1. KORIŠTENI UREĐAJI .....	43
3.1.1.1. HP INDIGO 5500 (ELEKTROFOTOGRAFIJA) .....	43
3.1.1.2. KONICA MINOLTA C 450 (ELEKTROFOTOGRAFIJA) .....	45
3.1.1.3. EPSON STYLUS PHOTO R2400 (INK JET) .....	47
3.1.1.4. ROLAND VERSA UV LEC300 (INK JET) .....	49
3.1.1.5. X-RITE DTP 41 (SPEKTOFOTOMETAR) .....	51
3.1.2. KORIŠTENI MATERIJALI .....	53
3.1.2.1. AGRIPPINA (OFFSETNI PAPIR) .....	53
3.1.2.2. MAGNO SATIN (KUNSTDRUCK PAPIR) .....	55
3.2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....	57
3.3. DISKUSIJA .....	73
<b>4. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>74</b>
<b>5. LITERATURA .....</b>	<b>75</b>

## 1. UVOD:

Od samih početaka tiskarstva pa do danas, tiskari su oduvijek težili tome da njihovi otisci budu što vjerodostojniji. O kvaliteti otiska odlučuje par parametara, a definitivno jedan od najznačajnijih jest reprodukcija gamuta. Mediji o kojima je ovisna konačna izlazna informacija u grafičkoj reprodukciji mogu biti fotoaparati, skeneri, računala, osvjetlivači, CTP uređaji, tiskarski strojevi itd. Opseg boja koje neki uređaj može prikazati naziva se gamut. Ljudsko oko može prikazati najveći spektar boja, to je gamut koji smatramo najvjerodostojnijim.

Reprodukcija gamuta nije jednaka u svim tehnikama tiska, niti je jednaka kod različitih strojeva istih tehnika tiska. U digitalnom tisku, koji se ponajviše bazira na elektrofotografiji te ink jetu, volumen reprodukcije gamuta varira ovisno o tehnološkim performansama samog stoja, boji, tiskovnoj podlozi te color managementu koji je postavljen za tu reprodukciju.

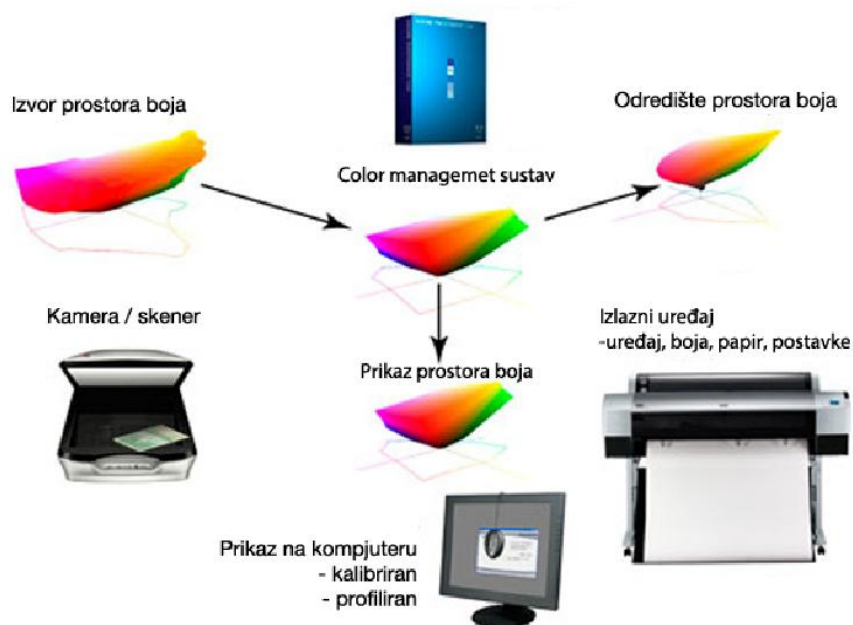
U ovom radu color management za sve otiske je jednak (standardno), te se o njegovom utjecaju u eksperimentalnom dijelu neće govoriti. Govorit će se o utjecaju različitih strojeva unutar istih tehnika digitalnog tiska, te o utjecaju tiskovne podloge na gamut.



## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. COLOR MANAGEMENT

Color management (CMS) ili upravljanje reprodukcijom boja je u današnje vrijeme sa aspekta grafičke tehnologije sam temelj dobivanja relevantnog produkta, koji mogu biti različiti[7]. Riječ relevantno je jedini mogući izraz, jer baš zbog različitog načina reprodukcije odnosno stvaranja boja na različitim uređajima jednostavno nije moguće dobiti iste boje. Kako bi ta reprodukcija, odnosno konverzija boja koje potiču iz raznih izvora, a istovremeno će biti reproducirane na različitim uređajima bila kvalitetnija i s minimalnim razlikama, razvijen je CMS ili Color Management System koji pomoću ICC profila usklađuje podatke i prilagođava ih prema potrebi. Cijela čarolija zapravo počiva na pravilnom podešavanju i korištenju ICC profila koji opisuju određeni uređaj[15]. Iako zvuči jednostavno, zapravo je prilično složen proces koji koristi dosta promjenjivih parametara, ali kad se jednom shvati problematika te se savladaju svi aspekti potrebni za normalno funkcioniranje, tada se dobije jedan novi pregled nad grafičkom tehnologijom te općenito znanje s kojim se može dobro konkurirati u bilo kojem smjeru reprodukcije boja. [9]



Slika 1. Prikaz color management sustava

### 2.1.1. INTERNATIONAL COLOR CONSORTIUM (ICC)

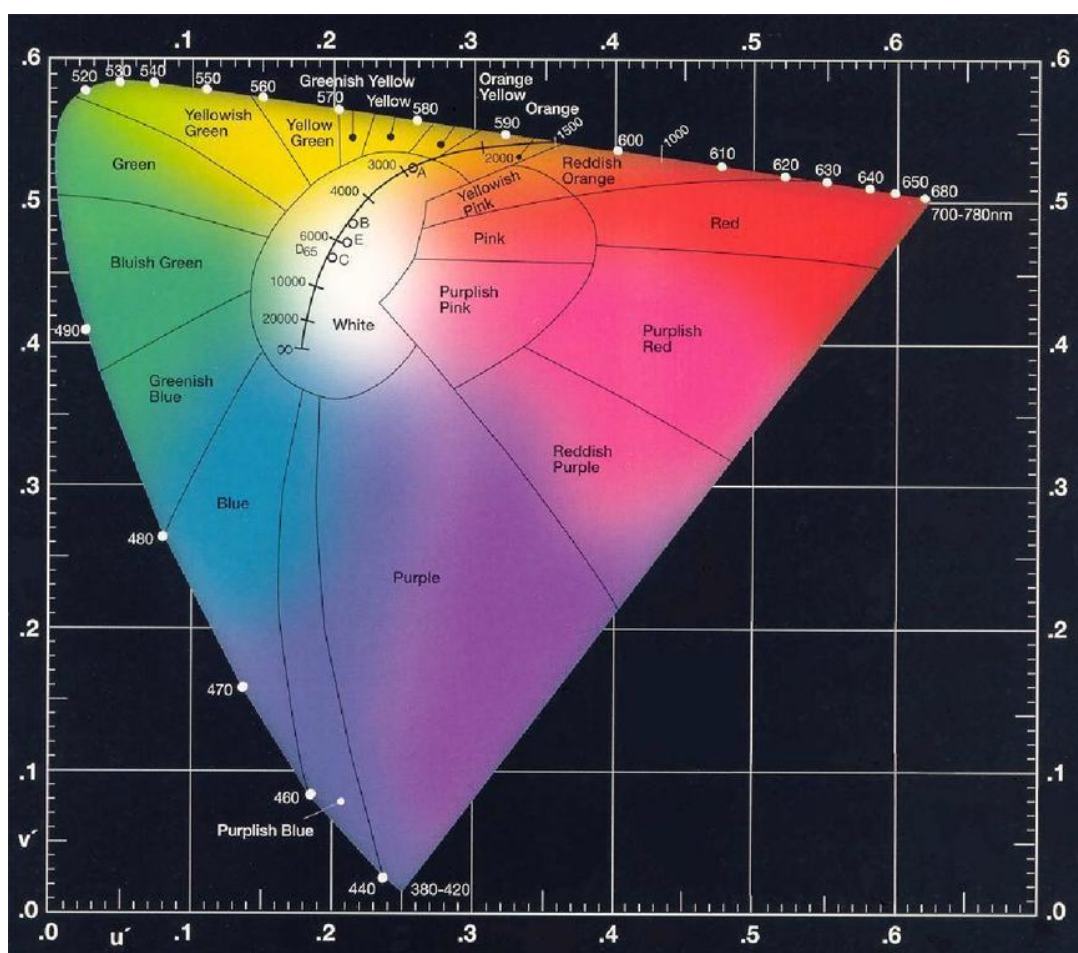
ICC ili „*International Color Consortium*“ [14] je udruženje odnosno institucija osnovana 1993. godine od strane osam vodećih tvrtki na polju reprodukcije boja. Te tvrtke su: Adobe, Agfa, Apple, Kodak, Microsoft, Silicon Graphics, Sun Microsystems, Fogra i Taligent. U međuvremenu neke tvrtke su izašle iz ICC-a, a dosta novih je ušlo, tako da danas ICC broji preko 50 članova, među kojima su najjače tvrtke današnjice sa područja grafike i fotografije. Glavna djelatnost ovog konzorcija je stvaranje i manipulacija standarda datoteka (ICC profila) koje opisuju kolorna svojstva određenog uređaja.



Slika 2. Logotip organizacije „*International Color Consortium*“

## 2.1.2. COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE (CIE)

CIE ili „*Commission internationale de l'éclairage*“, odnosno na engleskom „*International Commission on Illumination*“ je međunarodna komisija koja se bavi svjetlom, osvjetljenjem, bojom i kolornim prostorima (eng. color spaces). Osnovana je davne 1931. godine, a sjedište joj je u Beču. Trenutno CIE ima sedam odjeljenja koja se bave različitim aspektima osvjetljenja, a ta odjeljenja su: Vidljivost i boja, Mjerenje svjetla i zračenja, Unutarnje osvjetljenje i oblikovanje unutarnjeg osvjetljenja, Osvjetljenje i signalizacija u transportu, Vanjsko osvjetljenje i duge primjene, Fotobiologija i fotokemija, te Tehnologija slike. Godine 1976, komisija je kreirala CIELAB i CIELUV kolorne prostore boja koji su danas u širokoj primjeni.

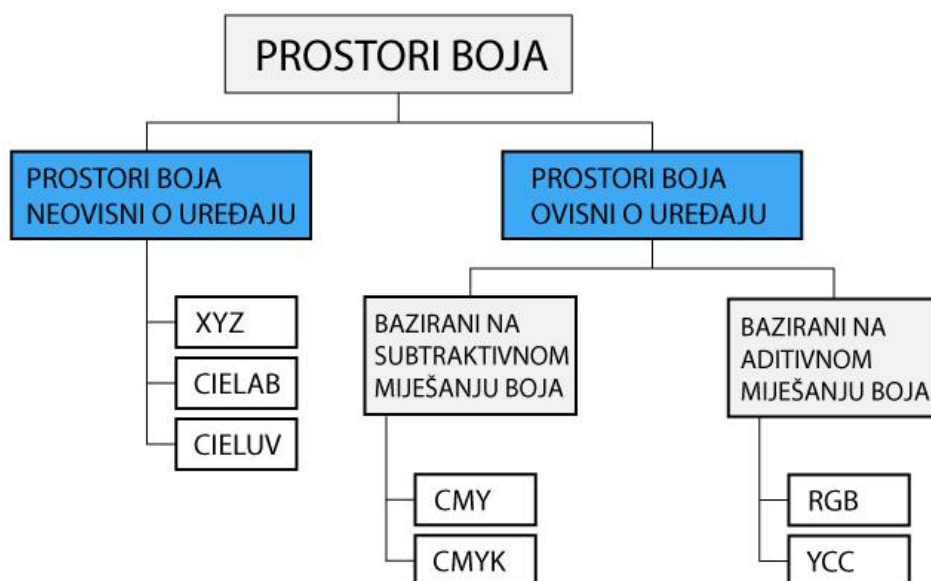


Slika 3. CIE prostor boja

### 2.1.3. REFERENTNI PROSTOR BOJA (PCS)

Referentni prostor boja (eng. Profile Connection Space - PCS) [4]. Prostori boja, prema kvalifikaciji iz 1996 godine, mogu biti podijeljeni u dvije osnovne grupe:

1. prostori boja ovisni o uređaju (device dependent)
2. prostori boja neovisni o uređaju (device independent)



Slika 4. Klasifikacija prostora boja

Prostori boja koji su ovisni o uređaju na kojem se primjenjuju, orijentirani su na fizičke komponente i karakteristike samog uređaja, tj. ovise o kromatskim karakteristikama seta primarnih boja koji se koristi kod procesa bojanja. Procesne boje koje se koriste u tisku uvijek se nazivaju CMYK, iako npr. magenta otisnuta na jednom uređaju može izgledati više žućkasto, a na drugom više plavkasto. Isto tako, kod uređaja koji koriste primarne boje aditivne sinteze, boja varira ovisno o korištenim RGB fosforima (kod monitora) ili korištenim RGB filterima (kod senzora skenera i digitalnih fotoaparata). Posljedica toga je da će isti niz RGB ili CMYK vrijednosti producirati različite boje na različitim uređajima, (ili na istom uređaju, ako se npr. koristi druga vrsta papira).

Prostori boja neovisni o uređaju, definiraju boju na bazi percepcije standardnog promatrača, a ne na mogućnostima uređaja. Najvažnija grupa prostora boja neovisnih o uređaju, temelji se na postavkama CIE komisije iz 1931. i 1964. godine. Zbog nedostataka XYZ prostora boja, prvenstveno zbog perceptualne ne uniformiranosti, CIE komisija definirala je 1976. godine CIELAB i CIELUV prostore boja, u kojima udaljenost između bilo koje dvije boje u prostoru odgovara osjetilnoj blizini te dvije boje.

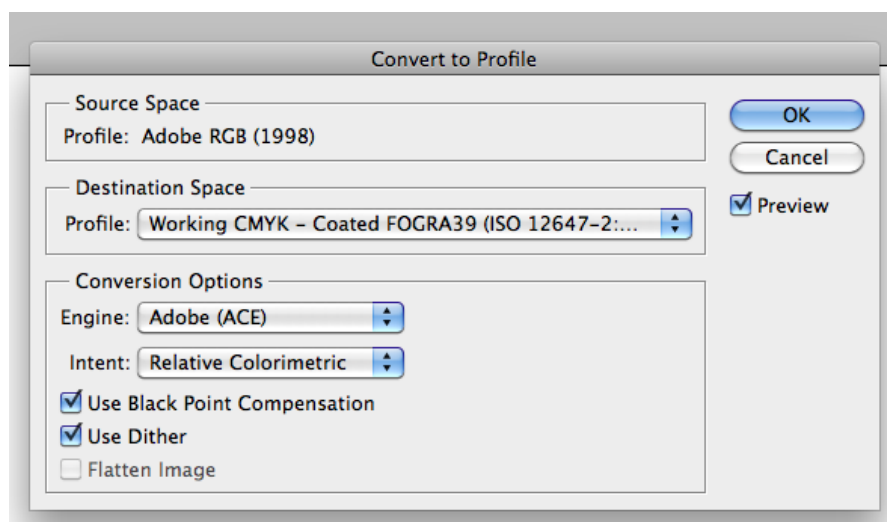
Većina Color Management sustava, kao referentni prostor boja, koristi CIELAB prostor boja, koji je prihvaćen kao standard za mjerenje i uspoređivanje boja u grafičkoj industriji [ISO13655:1996.; ICC.1:1998-09]. CIELAB je trodimenzionalni prostor boja, čije se koordinate dovode u vezu sa psihičkim karakteristikama boje, odnosno odgovaraju teoriji suprotnih boja tj. parova(eng. opponent color theory), svjetlo-tamno, crveno-zeleno, žuto-plavo. Uz svoje najvažnije prednosti koje se odnose na uvođenje svjetline kao treće dimenzije, koordinata koje slijede zonsku teoriju, te formula za izračunavanje kolorimetrijske razlike koje su pridonijele širokoj primjeni u upravljanju bojama, CIELAB ima i mogućnost predviđanja prikazivanja boja, pa se koristi i kao model za prikazivanje boja u mnogim aplikacijama. Za CIELAB referentni prostor boja definirano je standardizirano osvjetljenje D50, pa se i uzorci moraju mjeriti i kontrolirati pod istim osvjetljenjem.

Uloga referentnog prostora boja unutar Color Management sustava je da predstavlja vezu između različitih uređaja koji sudjeluju u reprodukcijском procesu. On omogućuje konverziju boja iz prostora ovisnog o uređaju u CIELAB prostor boja (uz korištenje pripadajućih profila uređaja). U praksi, do konverzije boja dolazi kad je vrijednosti originala potrebno prebaciti u vrijednosti određene izlazne jedinice. RGB vrijednostima boja koje su nastale digitalizacijom slike pomoću skenera ili digitalnog fotoaparata, pridružuju se vrijednosti kojima je ista boja opisana u referentnom prostoru. Jednom kad se RGB ili CMYK vrijednostima pridruže CIELAB vrijednosti, boje postaju neovisne o uređaju.

## 2.1.4. MODUL SA ALGORITMIMA ZA USKLAĐIVANJE BOJA (CMM)

Dio Color Management sustava koji doslovno vrši konverziju boja, tj. izračunava i prevodi vrijednosti boja između dva uređaja, je modul zvan *Color Management Module* (u nekoj literaturi pojavljuju se i dva sinonima: *Color Matching Engine* i *Color Matching Module*). CMM je u osnovi softver koji obavlja sve matematičke operacije potrebne za konvertiranje RGB ili CMYK vrijednosti boja, koristeći CIELAB podatke o boji koji su sadržani u profilu. Numeričke vrijednosti boja iz izvornog prostora boja preračunava u vrijednosti referentnog prostora boja (PCS), a odatle u vrijednosti boja bilo kojeg izlaznog prostora tj. uređaja. CMM može vršiti i različite simulacije prevođenja boja u različite prostore boja s ciljem predviđanja mogućih pogrešaka u procesiranju boja. CMM radi na principu interpolacije tj. proračuna nepoznate međuvrijednosti boja pomoću dvije poznate. Proces interpolacije je neizbježan, jer profili ne mogu obuhvatiti cijeli set mogućih signala (vrijednosti boja) koje uređaji mogu proizvesti.

Profil uređaja može sadržavati oznaku pomoću koje može zatražiti određeni CMM, ako je dostupan. Ako nije dostupan, profil radi s bilo kojim drugim CMM-om koji odgovara ICC specifikacijama. Najčešće korišteni CMM-ovi koji se nude u većini aplikacija su: Adobe (ACE), Microsoft ICM, Apple ColorSync i Apple CMM.



Slika 5. Korištenje Adobe (ACE) modula za usklađivanje boja

## 2.1.5. ICC PROFILI

ICC precizno definira format, ali ne definira način procesuiranja ili stvaranja podataka koje ICC profil sadrži, tako da ostavlja mjesta varijacijama programa i sustava koji koriste ICC profile. ICC profil je datoteka koja opisuje ponašanje uređaja, na način da povezuje vrijednosti boja koje daje uređaj (skup RGB ili CMYK vrijednosti), sa vrijednostima boja neovisnim o uređaju (CIELAB vrijednosti). Drugim riječima, profil je veza između uređaja i referentnog prostora boja, tj. veza između strojnog i ljudskog viđenja (interpretiranja) boja. Uređaj ili dokument kojem nije dodijeljen odgovarajući 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[5].

ICC profili su datoteke koje u sebi sadrže opis kolornih svojstava određenog uređaja. Tako razlikujemo ulazne profile i izlazne profile. Ulaznim profilima opisujemo uređaje koji pojednostavljeno rečeno digitaliziraju sliku, foto aparate i skenere. Izlaznim profilima opisujemo uređaje koji reproduciraju sliku, prvenstveno monitore i razne vrste printera te tiskarskih strojeva. Njihovo pravilno kreiranje i odabir, temelj su svakog pravilno podešenog color management sustava. Kolorni profili mogu biti ugrađeni u samom dokumentu ili mogu nositi samo oznaku(eng. *tag*) koji je kolorni profil korišten, pa će ga prilikom reprodukcije aplikacije, pozvati i dodijeliti dokumentu. Kad je kolorni profil ugrađen, prilično smo bezbrižni jer smo sigurni da neće doći do nekompatibilnosti, odnosno nepostojanja kolornog profila na računalu na kojem smo otvorili dokument. Mana takvog načina rada je da su datoteke veće jer je u njima spremljen i kolorni profil. Kolorni prostor ili „*Color Space*“ je zapravo matematički model spremljen u oblik datoteke ICC profila.

## 2.2. GAMUT

Niti jedan uređaj u sustavu za tisak ne može reproducirati cijeli spektar boja koje su vidljive ljudskom oku. Svaki uređaj radi unutar određenog prostora spektra koji može proizvesti određeni raspon ili gamut boja. Model boja određuje odnos između vrijednosti, a prostor boje definira apsolutno značenje tih vrijednosti kao boje. Neki modeli boja (poput modela CIE  $L^*a^*b$ ) imaju fiksni prostor boje jer su oni izravno povezani s načinom na koje ljudsko oko percipira boju. Ti se modeli opisuju kao „*neovisni o uređaju*“. Drugi modeli boja (RGB, HSL, HSB, CMYK itd.) mogu imati mnogo različitih prostora boja. Kako se ti modeli razlikuju ovisno o prostoru boje ili uređaju, opisuju se kao „*ovisni o uređaju*“.

Zbog tih promjenjivih prostora boja, izgled boje može se promijeniti kada dokumente prenesete s jednog uređaja na drugi. Varijacije boja mogu biti rezultat razlika u izvoru slike, načina na koji softverska aplikacija definira boju, medija za ispis (na novinskom papiru može se reproducirati manji gamut nego na papiru za časopise), te drugih prirodnih varijacija poput razlika u proizvodnji monitora ili starosti monitora. Iz tih razloga je u grafičkoj struci veoma važno transformirati informacije tako da se informacije o boji gube u optimalno malim vrijednostima. Vizualni doživljaj koje ljudsko oko u prirodi doživljava je stimuliran s najvećim rasponom tonaliteta različitih svjetlina i zasićenosti, odnosno tonaliteta s najvećim gamutom.

Gubljenje vrijednosti gamuta najveće je prilikom prve transformacije RGB modela boja u CMYK model boja. Iz tog razloga, za uspostavljanje kvalitetne transformacije informacija o boji potrebno je znati kako i na koji način se informacija o boji transformira iz uređaja/medija u neki drugi uređaj/medij.



## 2.2.1. IZRAČUNAVANJE GAMUTA

Osnova za izračunavanje gamuta čini „Neugerbeauerov“ model rastriranja koji se može prikazati kao[2]:

$$\begin{aligned}
 c(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = & (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_p + (\alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p1} \\
 & + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p2} + (\alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p12} \\
 & + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p3} + (\alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p13} \\
 & + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p23} + (\alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3)g_{p123}
 \end{aligned}$$

Ovdje je s tri boje prikazana površina „c“ kao funkcija tri površinske vrijednosti pokrivenosti „ $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ “. Također, „ $g_p$ “ predstavlja boju papira, „ $g_{p1}$ “ je prva boja tiskana na papir, „ $g_{p12}$ “ je prva i druga boja tiskana na papiru itd. Za „n“ boja postoje  $2^n$  tiskarskih primara. Ako označimo dio tiskovne površine sa „ $\alpha_i$ “, i ako integralne vrijednosti obojenja označimo kao „ $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ “, onda se Neugerbeauerov model za „n“ boja može izračunati kao zbroj svih tiskovnih vrijednosti „q“:

$$c(\alpha) = \sum_{q=1}^{2^n} \left[ \prod_{i=1}^n f(q, i, \alpha) \right] g_q$$

$$f(q, i, \alpha) = \begin{cases} \alpha & \text{ako } q \text{ uključuje boju } i \\ 1 - \alpha & \text{ako } q \text{ ne uključuje boju } i \end{cases}$$

Sa prikazanim modelom moraju se također staviti i funkcije „ $\Omega_{CIE}$ “ i „ $\Omega_{OTISAK}$ “ unutar CIE prostora boja, sa kojima se dobija potpuna slika te potpuna informacija vezana za gamut.

Ako prikazani model stavimo u odnos s „ $\Omega_{CIE}$ “ opsegom numeričkih vrijednosti u određenom selektiranom području CIE prostora boje i ako je „ $\Omega_{OTISAK}$ “ numerički opseg kontrolnih vrijednosti boje medija, tada set:

$$G = \left\{ t \in \Omega_{CIE} \mid \exists c \in \Omega_{otisak} \text{ za kojeg vrijedi } F_{uređaj}(c) = t \right\}$$

odeđuje gamut navedenog uređaja (medija). Slično je i kada se radi o komplementnom skupu:

$$G = \left\{ t \in \Omega_{CIE} \mid \nexists c \in \Omega_{otisak} \text{ za kojeg vrijedi } F_{uređaj}(c) = t \right\}$$

gdje se definiraju boje koje se nalaze izvan gamuta „ $G_c$ “ navedenog uređaja (medija).

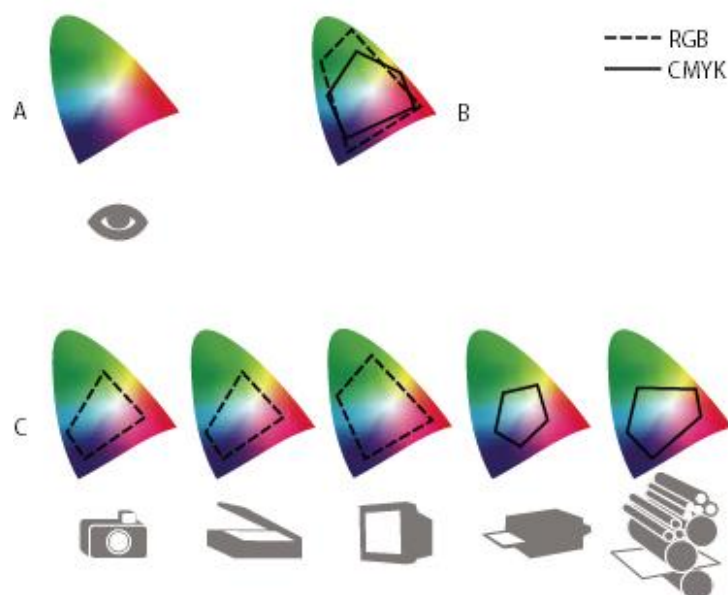
Naime, oznaka „ $F_{uređaj}$ “ predstavlja funkciju koja obavlja transformaciju iz zavisnog prostora boje u uređaja/medija u CIE prostor boja. Oznaka „ $t$ “ predstavlja informaciju o boji u CIE prostoru, a oznaka „ $c$ “ njezinu transferiranu vrijednost u zavisnom prostoru boja uređaja odnosno medija.

## 2.2.2. IZJEDNAČAVANJE GAMUTA

Osnova svake reprodukcije je ujednačavanje doživljaja između gamuta originala i gamuta reprodukcije. Takvim ujednačavanjem zadovoljava se ljudski osjećaj boja koji elementarni objekt reprodukcije sastavljene od piksela ili rasterskih elemenata doživljava gotovo identično originalu.

Postizanje takvog ujednačavanja više je uvjetovano zadržavanjem istovjetnih međusobnih unutarnjih odnosa piksela ili rasterskog elementa kada se ti elementi u malom iznosu pomaknu od originala i kada se svim elementarnim objektima na slici informacija o boji promjeni jednolično u istom iznosu u određenom smjeru tona, zasićenja ili svjetline, nego kad se malom broju elementarnih objekata informacija o boji promijeni slučajno u istom iznosu. Dakle, uvijek je bolje odstupanje cjelokupne informacije sadržanog dokumenta, od odstupanja samo jednog dijela informacija unutar dokumenta.

Zbog toga su prilikom promatranja neke reprodukcije važniji međusobni odnosi između boja prisutnih na slici, nego njihove precizne vrijednosti u odnosu na original. Razlike koje osiguravaju doživljaj informacije između dva gamuta mogu biti u veličini gamuta, obliku granica gamuta i smještanju gamuta u odnosu na osi CIE prostora boja[8].



Slika 6. Gamuti boja za različite uređaje i dokumente: A - Laboratorijski prostor boje, B: Dokumenti (radni prostor), C: Uređaji

### 2.2.3. MAPIRANJE GAMUTA

Kod reprodukcijskog procesa u grafičkoj tehnologiji, opseg boja (gamut) ulaznih jedinica (skenera, digitalnih fotoaparata) koji koriste RGB model boja, u pravilu je veći od gamuta izlaznih uređaja (printera, tiskarskih strojeva) koji koriste CMYK model za prikaz boja. Osim u veličini (opsegu) gamuta, razlike između gamuta mogu biti i u obliku granica gamuta, te lokaciji tih gamuta unutar uniformiranog CIE prostora boja.

Smještanje i usklađivanje boja koje se prilikom konverzije nađu izvan gamuta izlaznog uređaja, naziva se mapiranje gamuta. Parametri profila koji određuju način na koji će Color Management sustav te boje smjestiti i uskladiti zovu se engl. „*Rendering Intents*“. Za kvalitetno postizanje mapiranja gamuta poželjno je zadovoljiti 5 osnovnih uvjeta:

1. nepromijenjenost osi sivoće slike
2. zadržavanje maksimalnog kontrasta
3. što manje boja treba ostati van granica gamuta
4. što manji pomak tona i zasićenosti
5. bolje je povećati nego smanjiti svjetlinu boje

Da bi mapiranje gamuta bilo kvalitetno, osim navedenih faktora ovisno je i o samoj reprodukciji. Treba se odrediti da li je potrebno izvoditi mapiranje gamuta djelujući na ton, svjetlinu i zasićenost, ili samo na neke od karakteristika boja. Ukoliko se mapiranje provodi uz transformiranje samo jedne karakteristike boja tada je to „*jednodimenzionalno*“ mapiranje. Kada se mapiranje provodi transformacijom dvije karakteristike boja, tada je to „*dvodimenzionalno*“ mapiranje a ukoliko mapiranje provodimo transformacijom za sve tri karakteristike boja, tada je to „*trodimenzionalno*“ mapiranje.

Veoma bitno je naglasiti da u procesu reproduciranja za potpuni doživljaj su zaslužni različiti parametri, a najvažniji su: način mapiranja gamuta, materijal, tehnika reproduciranja, bojila.

## 2.2.4. METODE MAPIRANJA GAMUTA

Za potrebe mapiranja gamuta koriste se različiti načini u kojima se neke vrijednosti raspona tonova ne diraju, neke se komprimiraju različito od drugih, itd. Iz tih razloga metode mapiranja su podijeljene na tri osnovne skupine: *komprimiranje, odrezivanje i ekspandiranje*.

Da bi tristimulosne vrijednosti reprodukcije što točnije bile prikazane u otisku, osim metode mapiranja, također postoji i bitan element smjera mapiranja gamuta. On se određuje prema definiranoj točki, prema većem broju gravitacijskih točaka na osi karakteristike boje prema kojoj se provodi mapiranje te prema najbližoj boji istog tona.

Kod mapiranja metodom komprimiranja, komprimiranje se može podijeliti na tri osnovne kategorije[4]:

1. linearna kompresija
2. nelinearna kompresija
3. kombinirana kompresija

„*Linearna kompresija*“ koristi način komprimiranja kod kojeg se boje linearno komprimiraju do granica gamuta reprodukcije. Ovakva metoda je najjednostavnija te se kod nje može desiti veliko odstupanje i poremećaj unutar odnosa tonova.

„*Nelinearna kompresija*“ je tehnika komprimiranja kod koje se komprimiranje odvija putem logaritamske ili pak polinomne kompresije višeg reda. Kod ovakve metode komprimiranja odstupanja vrijednosti originala i reprodukcije su manji nego kod linearne kompresije. Razlog zbog kojega je odstupanje u odnosu na original manje je to da su pomaci kod srednjih tonova manji.

„*Kombinirana kompresija*“ se koristi različitim metodama kompresije te pored toga može koristiti i metodu odrezivanja pomoću koje se boje izvan spektra dovode na granicu gamuta reprodukcije.

Kod metode „odrezivanja“ gamuta dolazi do smještanja područja boja izvan spektra gamuta na samu njegovu granicu. Produkt toga može biti vrlo različit od originala i nema nekog posebnog pravila, što je odstupanje manje to je reprodukcija točnija.

Suprotnost svim do sada navedenim metodama je tehnika „ekspandiranja“ gamuta. Iako se vrlo rijetko koristi, ona služi za proširenje spektra gamuta. Ovakva tehnika se koristi u slučaju da original ima manji gamut nego što nam treba u reprodukciji.

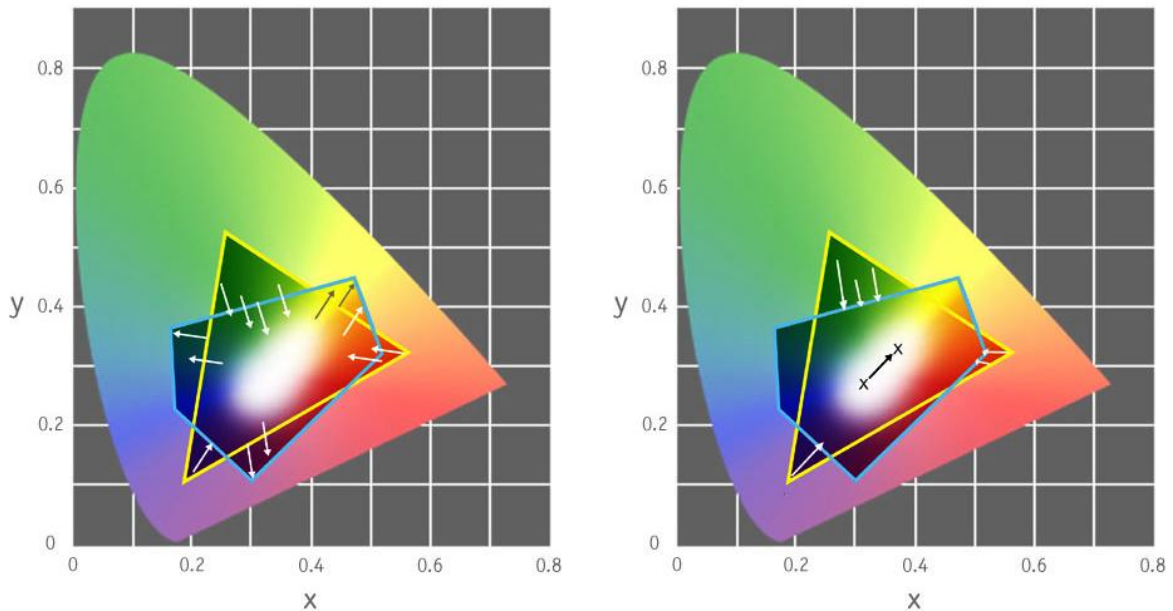
Mapiranje gamuta definirano je i smjerom mapiranja s obzirom na ton, svjetlinu i zasićenost. Smjer mapiranja gamuta definiran je linijama mapiranja koje su definirane tako da točke koje su izvan vrijednosti gamuta, usmjeravaju se unutar gamuta reprodukcije. Pravci kretanja točaka izvan gamuta u unutrašnjosti ili rub reprodukcije gamuta su elementi koji definiraju smjer mapiranja gamuta.

Godine 2001. ICC je definirao i standardizirao četiri osnovna načina mapiranja gamuta, s obzirom na namjeru prikaza informacija o boji:

1. perceptualno usklađivanje (*Perceptual Rendering Intent*)
2. relativno kolorimetrijsko usklađivanje (*Relative Colorimetric Rendering Intent*),
3. apsolutno kolorimetrijsko usklađivanje (*Absolute Colorimetric Rendering Intent*)
4. saturacijsko usklađivanje (*Saturation Rendering Intent*)

„Perceptualno usklađivanje“ sve boje ulaznog gamuta ravnomjerno komprimira, kako bi u potpunosti stale u gamut izlaznog uređaja. Takvim prevođenjem mijenjaju se sve boje originala, pa čak i one koje se mogu prevesti u izlazni gamut bez promjena. Točnost kolorimetrijskih karakteristika boje, izmijenjena je u korist ukupnog perceptualnog doživljaja, koji se temelji na zadržavanju relativnog odnosa među bojama. Kod relativnog kolorimetrijskog usklađivanja sve boje koje pripadaju gamutima i ulaznog i izlaznog uređaja, ostaju nepromijenjene. Boje koje su izvan gamuta izlaznog uređaja, mapiraju se u najbliže boje iste svjetline (ovisno o crnoj i bijeloj točki), ali različitog zasićenja. Metoda je pogodna za prilagodbu i ispis skeniranih ili digitalno snimljenih fotografija (RGB) čiji je raspon boja znatno veći od raspona boja bilo kojeg standardnog CMYK printera.

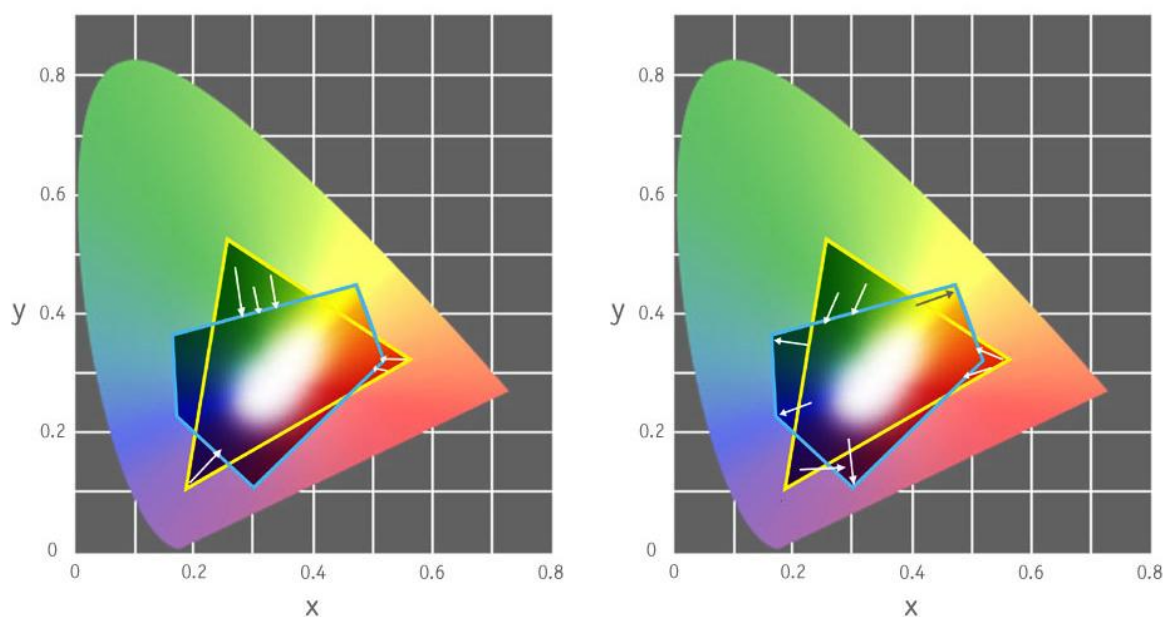
Perceptualno usklađivanje u većini je ICC profila predodređena vrijednost. Iako niti jedna izlazna jedinica ne može postići idealne CIELAB vrijednosti za bijelu i crnu boju (100,0,0 i 0,0,0), perceptualni način usklađivanja, pri izvršavanju kompresije boja uvijek koristi te idealne vrijednosti.



Slika 7. Perceptualno usklađivanje boja (lijevo), relativnog kolorimetrijskog usklađivanja (desno)

Kod „relativnog „kolorimetrijskog usklađivanja“ sve boje koje pripadaju gamutima i ulaznog i izlaznog uređaja, ostaju nepromijenjene. Boje koje su izvan gamuta izlaznog uređaja, mapiraju se u najbliže boje iste svjetline (ovisno o crnoj i bijeloj točki), ali različitog zasićenja koje se nalaze na granicama gamuta izlaznog uređaja. Time se nastoji zadržati što više boja iz izvornog opsega i da promijenjene boje imaju što manji  $\Delta E$  (razlika u obojenju). Bijela točka izvornog profila mijenja se u bijelu točku odredišnog, pa se relativno usklađivanje bazira se na brznoj prilagodbi ljudskog vida bijeloj boji medija koji promatramo. Prema tome, i boje se prilagođavaju bijeloj boji papira. Metoda koristi se za općenite namjene, najčešće za skenirane fotografije i za konverzije boja između prostora boja koji imaju podjednake veličine, npr. CMYK u CMYK.

Kod „apsolutnog kolorimetrijskog usklađivanja“ sve boje koje pripadaju gamutima i ulaznog i izlaznog uređaja, ostaju nepromijenjene. Boje koje su izvan gamuta izlaznog uređaja, mapiraju se u najbliže boje različitog zasićenja, koje se nalaze na granicama izlaznog gamuta. Na taj način nastoji se prikazati što je moguće više izvornih boja. Za većinu tonskog raspona postižu se približni rezultati, no razlika među usklađenim bojama ( $\Delta E$  - razlika u obojenju) veća je nego kod relativnog kolorimetrijskog usklađivanja. Ako se koristi apsolutno kolorimetrijsko usklađivanje, bijela točka odredišnog profila ne uzima se u obzir, već se kopira bijela točka izvornog profila. Zbog toga se taj način usklađivanja koristi za ispis probnih otisaka. Ako se izvodi konverzija boja iz profila koji opisuje standardne uvjete npr. novinskog tiska, u profil uređaja za probni otisak, kopiranjem bijele točke izvornog profila u odredišni, na otisku će se simulirati boja papira koji se koristi u novinskom tisku. Apsolutno kolorimetrijsko usklađivanje ne smije se koristiti za konverziju boja u konačni opseg koji se šalje u tisk već samo za simulaciju bijele boje na monitoru ili probnom otisku. Metoda je prikladna i za prilagodbu spot boja.



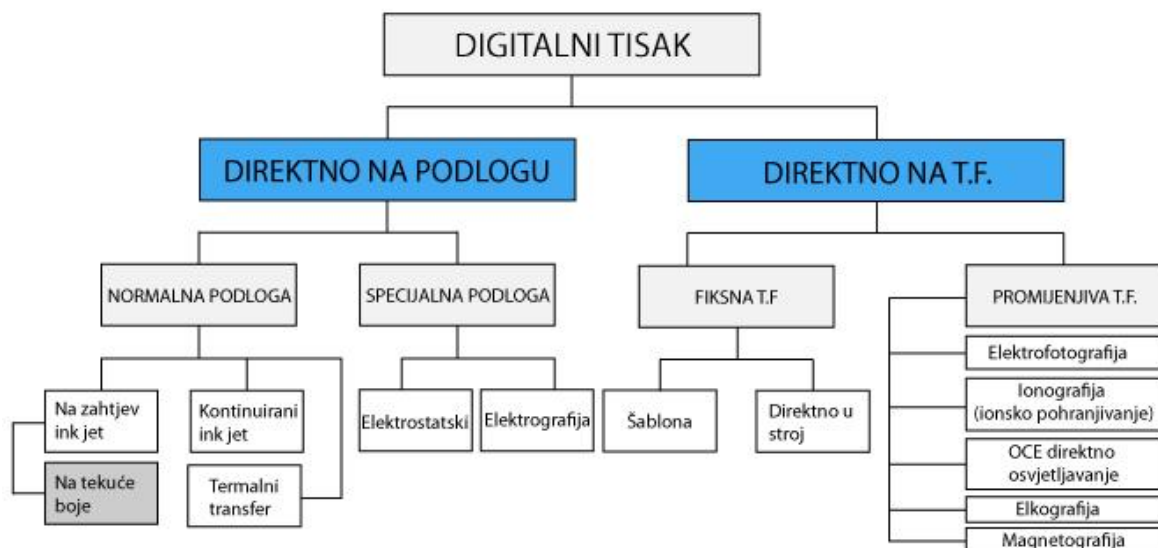
Slika 8. Apsolutno kolorimetrijsko usklađivanje (lijevo), saturacijsko usklađivanje (desno)



Kod „*saturacijskog usklađivanja*“ sve boje koje su izvan gamuta izlaznog uređaja, obično se preslikavaju u najbliže korespondirajuće boje istog zasićenja, dok svjetlina i ton mogu biti promijenjeni. Boje koje se nalaze unutar granica gamuta izlaznog uređaja, pomiču se prema granicama gamuta kako bi se dodatno povećalo zasićenje. Kolorimetrijska točnost između originala i reprodukcije kod saturacijskog usklađivanja, rijetko je postignuta, jer ne predstavlja prioritet reprodukcije. Ova metoda je prikladna za grafove, logotipe ili tablice, gdje su žive, zasićene boje bitnije nego točan odnos među bojama (kao na primjer, na fotografiji).

## 2.3. DIGITALNI TISAK

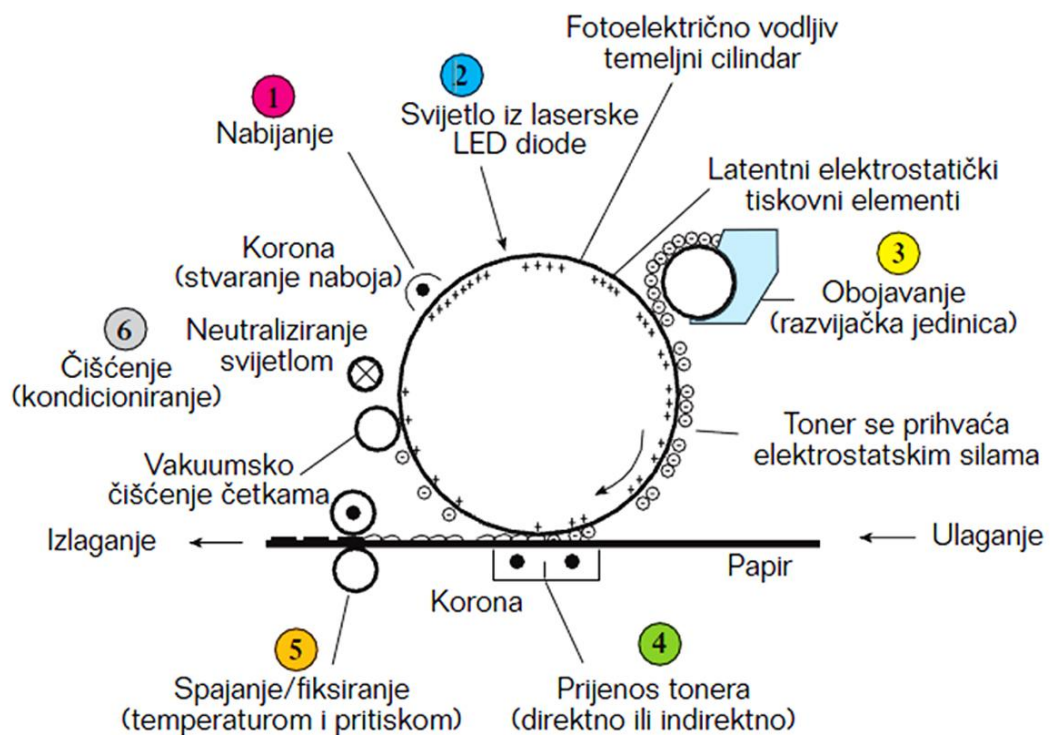
Digitalnom tisku omogućen je razvoj implementacijom računala i laserske tehnologije. Informacije koje nas okružuju su u digitalnom obliku, te se kao takve mogu lako modificirati i ponovo otiskivati. Konvencionalne tehnike tiska ponajviše su namijenjene otiskivanju većih naklada, dok su za tisak manjih naklada cjenovno neisplative. Digitalni tisak razvija se u dva smjera: „*Computer to Press*“ tehnologija i „*Computer to Print*“ tehnologija. „*Computer to Press*“ tehnologiju karakterizira izrada standardne forme u samom tiskarskom stroju, nakon čega slijedi otiskivanje uvijek istog motiva. „*Computer to Print*“ tehnologija bazirana je 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 se takve tehnike otiskivanja nazivaju NIP (Non Impact Printing) tehnike otiskivanja. Kao takve, pogodne su za tisak na zahtjev (Print on demand). NIP tehnike tiska ubrajaju se mnogi načini otiskivanja, a to su: elektrofotografija, ionografija, magnetofotografija, ink jet, termografija, elektrografija, fotografija i „X“ grafija. Takve tehnologije nude mogućnosti personalizacije, kratku strojnu pripremu i razumnu cijenu otiska, izbjegavajući standardne tiskovne forme i filmove. NIP tehnike otiskivanja svakodnevno se razvijaju, a najviše se investira u strojeve koji rade principom elektrofotografije ili ink jeta.



Slika 9. Osnovna podjela digitalnog tiska

### 2.3.1. ELEKTROFOTOGRAFIJA

Elektrofotografija je digitalna tehnika tiska koju je 1942. godine patentirao Chaster Carlson. Daljnji razvoj ovog načina otiskivanja izvršila je tvrtka Xerox otkupom izvornog patenta. Razvijanjem te tehnike nastaju fotokopirni strojevi i komercijalni laserski printeri. Princip elektrografije temelji se na fotoelektričnom efektu. Fotoelektrični efekt je pojava koja nastaje uslijed osvjetljivanja metalne ploče, pri čemu dolazi do emisije elektrona iz metalnih rešetki. Postoji nekoliko faza nastajanja otiska[3]:



Slika 10. Princip rada elektrografskog tiska

1. Nabijanje tiskovne forme fotoreceptorskog bubnja
2. Osvjetljavanje fotoosjetljive površine fotoreceptorskog bubnja (površina bubnja se selektivno osvjetljava laserom, koji izbija nosioce elektrostatiskog naboja, čime nastaje virtualna tiskovna forma na kojoj su tiskovni elementi i slobodne površine različitog naboja)

3. Nanošenje tonera na fotoreceptor (ovaj postupak se još naziva i razvijanje tiskovne forme, a izvodi se na način da se čestice tonera prihvaćaju na pozitivno ili kod nekih strojeva negativno nabijene dijelove na fotoreceptorskom bubnju)
4. Prenašanje tonera na ofsetni cilindar (kod nekih strojeva)
5. Prenos tonera sa ofsetnog cilindra na tiskovnu podlogu (nabijena korona svojim elektrostatskim silama privlači čestice tonera i time pomaže u transferu prihvaćanja za papir)
6. Fiksiranje tonera na tiskovnu podlogu (korak gdje se otisak čini stabilnim na tiskovnoj podlozi - sušenje nanesenog tonera)
7. Čišćenje tiskovne forme od ostatka tonera (izvodi se mehanički i električki)

Kod elektrofotografije koriste se specijalizirano obojeni materijali (toneri) koji su prilagođeni za prihvaćanje na pozitivnije nabijene tiskovne podloge. Toneri su najčešće praškastog oblika, ali mogu bit i tekućine. Ovisno o agregatnom stanju tonera, prilagođena je i konstrukcija elektrofotografskih strojeva. Razlikuju se dva osnovna tipa elektrografskog procesa otiskivanja.

1. elektrofotografija praškastim tonerima (Xerografija)
2. elektrofotografija tekućim tonerima (Indigo)

U Xerografiji praškastih tonera razlikujemo jednokomponentne i dvokomponentne sustave razvijanja. U oba sustava potrebno je čestice tonera (nosioca tonera) prvo nabiti odgovarajućim nabojem, da bi se toner kontrolirano kretao iz spremnika u smjeru latentne tiskovne forme[6].

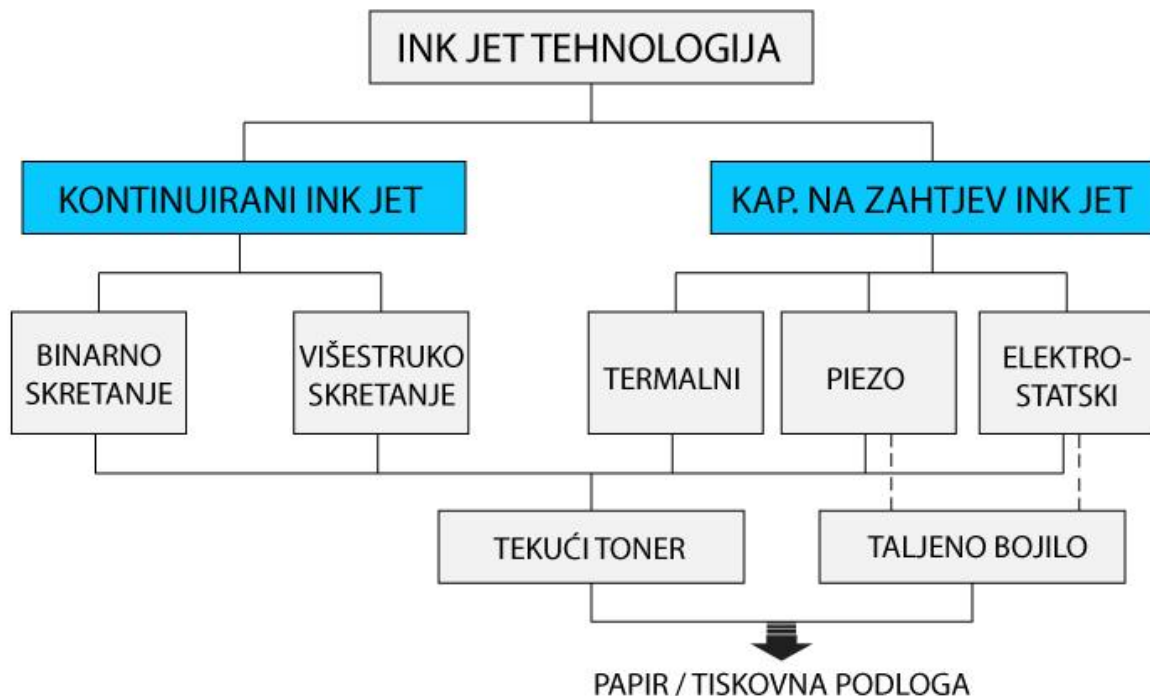
Između čestica tonera i tiskovnih elemenata virtualne tiskovne forme postoji jako privlačno elektrostatsko polje. Takvo privlačno polje omogućit će brz prelazak tonera s razvijачkog valjka na tiskovne elemente fotoreceptora.

## 2.3.2. INK JET

Ink jet je izumljen 1976. godine ali sve do 1988. godine nije korišten za kućnu upotrebu zbog visoke cijene. Inkjet printer je najrasprostranjeniji princip izrade printera. Daje mogućnost višebojnog ispisa za malu cijenu uređaja. Proizvođači Ink Jet printera su Canon, HP (Hewlett-Packard), Apple, Brother, Epson, Fujitsu, Konica Minolta, Lexmark, OKI, Samsung, Xerox.

Ink jet je tehnološki vrlo napredna tehnologija otiskivanja, primjenjuje se za ispis na različite podloge kao što su: veliki formati, visoka kvaliteta (probnog otiskivanja), tisak na različitim materijalima, raznim oblicima. Također, pozitivno se ističe praktičnost, kvaliteta i brzina ispisa, jednostavno rukovanje, jeftine boje, mogućnost ispisa fotografija i vrlo kratko sušenje otisaka.

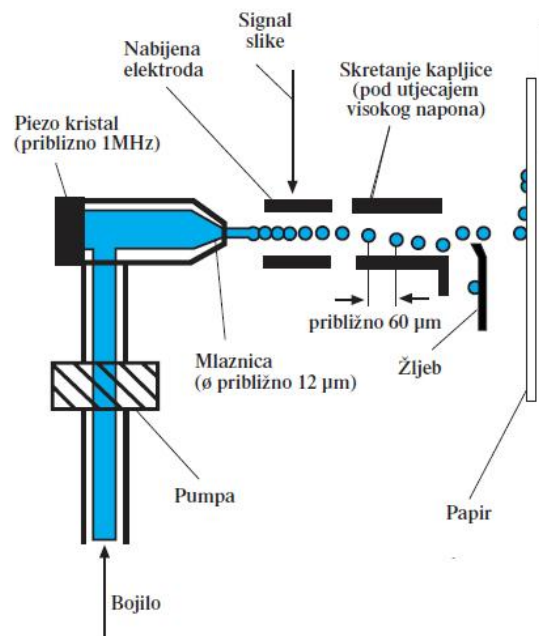
Dijeli se na; „Kontinuirani ink jet“ i „Kapljanje na zahtjev ink jet“. Kontinuirani ink jet funkcionira na principu „binarnog skretanja kapljica boje“ i „višestrukog skretanja kapljica boje“. Kapljanje na zahtjev ink jet dijeli se na „Termalni“, „Piezo“ i „Elektrostatski“ princip otiskivanja. Svi principi koriste tekući toner, osim Piezo i Elektrostatskog principa koji koriste taljeno bojilo.



Slika 11. Podjela Ink Jet-a

### 2.3.2.1. KONTINUIRANI INK JET

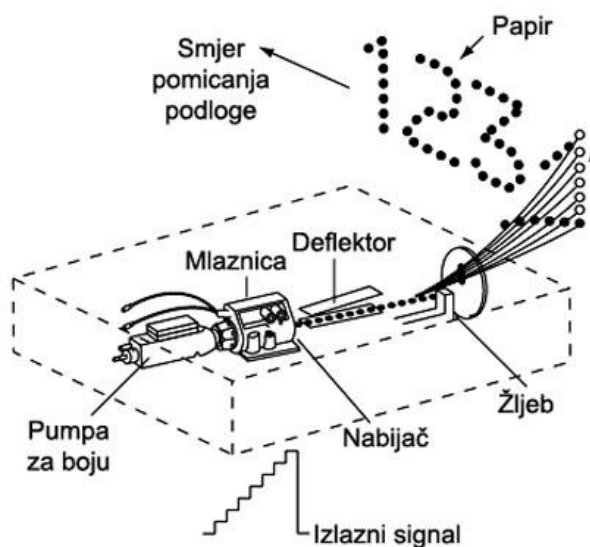
„Kontinuirani ink jet“ najfleksibilnija je tehnologija otiskivanja. Otisak nastaje pogađanjem tiskovne podloge sitnim kapljicama brzosušće tinte. Pojam “kontinuirani” dolazi od činjenice da tinta neprekidno cirkulira kroz mlaznicu prema podlozi za otiskivanje, dok dio skreće u povratnu cijev i vraća se u uređaj. Time se sprječava sušenje tinte na mlaznici i njena blokada, što nije slučaj kod nekih drugih ink jet tehnologija. Za ovakvu ink jet tehnologiju razvijen je čitav niz tinti prilagođenih tiskovnoj podlozi i proizvodnom procesu. Princip je baziran na tehnologiji koja omogućuje stvaranje visokofrekventnog niza kapljica od 1 MHz. Rezultat visokofrekventne pobude piezo oscilatora je mlaz boje povezan sa efektima dinamike, te kasnija podjela mlaza na kapljice boje. Tekućina pod tlakom tlači se kroz mlaznice. Veličina kapljice i interval ispuštanja ovisi o promjeru mlaznice, kao i viskozitetu boje, površinske napetosti boje i frekvencije pobude. Prije nego se odvoje od mlaza boje, kapljice boje elektronički se nabijaju pomoću elektrode u skladu sa signalom slike koju će uređaj ispisati. Nabijene kapljice pod utjecajem visokog napona pomoću deflektora mijenja smjer i ubacuju se pomoću žlijeba u odvodni kanal. Ne nabijene kapljice padaju na površinu podloge za otiskivanje.



Slika 12. Kontinuirani Ink Jet

Prednosti ove tehnologije su nepostojanje kontakta između glave za pisanje i proizvoda, što rezultira mogućnošću pisanja i po neravnim površinama. Dodavanje potrošnog materijala ne uzrokuje zastoje u proizvodnji, a sama oprema je vrlo pouzdana i nema mehaničkih dijelova koji se vremenom troše. Brzine pisanja su vrlo velike, a mogu se pisati stalni ili promjenjivi podaci, kao što su serijski brojevi i stvarno vrijeme. Mana ovakvog načina označavanja je relativno niska razlučivost (otprilike 70 dpi) i korištenje organskih otapala radi postizanja kratkih vremena sušenja

Osim „jednositnog kontinuiranog ink jet principa“, postoji i oblik „višebitnog ink jet principa“. Kod jednositnog ink jet otiskivanja imamo nabijeno i ne nabijeno stanje, a kod višebitnog ink jet otiskivanja kapljice se mogu nabijati različitom jačinom naboja. Mlaz boje kod ovog principa se može reproducirati u šesnaest različitih pozicija, sa čime se postiže otiskivanje linije u jednom prolazu debljine 10 mm.



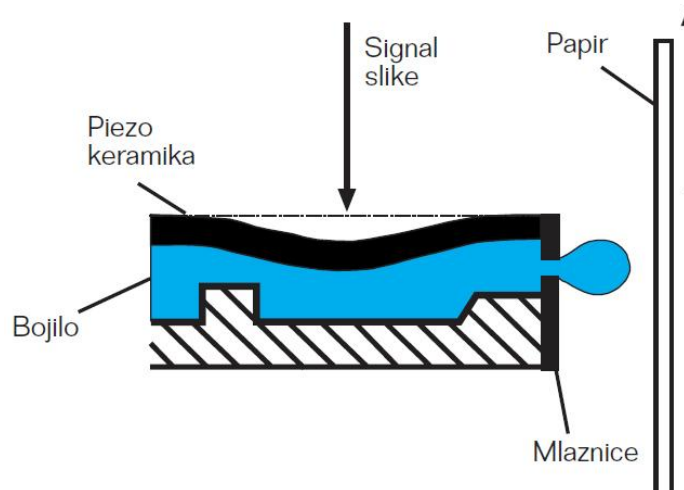
Slika 13. Višebitni kontinuirani Ink Jet

Karakteristike kontinuiranog Ink Jet principa su: frekvencija kapanja od 1 MHz, volumen kapljica od 4 pl, promjer kapljica od 20  $\mu\text{m}$ , brzina kapljica od 40 m/s.

### 2.3.2.2. KAPLJASTI INK JET (eng. Drop on demand)

Glave ovih pisača imaju veliki broj mlaznica koje istiskuju tintu tek kad je to potrebno (na zahtjev). Tekuće bojilo se izbacuje piezo ili bubble-jet tehnologijom, a glave su slične onima koje se koriste u uredskim ink jet pisačima. Zbog mogućnosti integriranja mnogo mlaznica na glavi pisača, tehnologija se često naziva i "visokorezolucijskom" (High Resolution Ink Jet). Tipične razlučivosti su i do 180 dpi, što posebno dobro izgleda na kartonskim kutijama. Zasebnu skupinu čine pisači koji umjesto tekućeg bojila koriste vrući vosak. On je pri sobnoj temperaturi u krutom agregatnom stanju i grijanjem se provodi u tekućinu koja ima karakteristike slične tekućoj tinti. Mana ovih pisača je mogućnost pisanja uglavnom po poroznim površinama, pri čemu proizvod mora biti mirno vođen i pozicioniran vrlo blizu glave pisača (razmak je vrlo mali).

„Piezo Ink Jet“ tehnologija formira kapljicu bojila mehaničkom deformacijom mlazne komore. Deformacija se omogućuje piezo kristalom. Piezo kristal je polarizirani materijal koji mijenja oblik ili volumen unutar električnog polja. Signalom koji je pristigao iz računala piezo kristal mijenja oblik, sa time i volumen mlazne komore. Povratkom piezo kristala u prvobitni oblik dolazi do povećanja pritiska, te do izbacivanja bojila kroz mlaznicu.

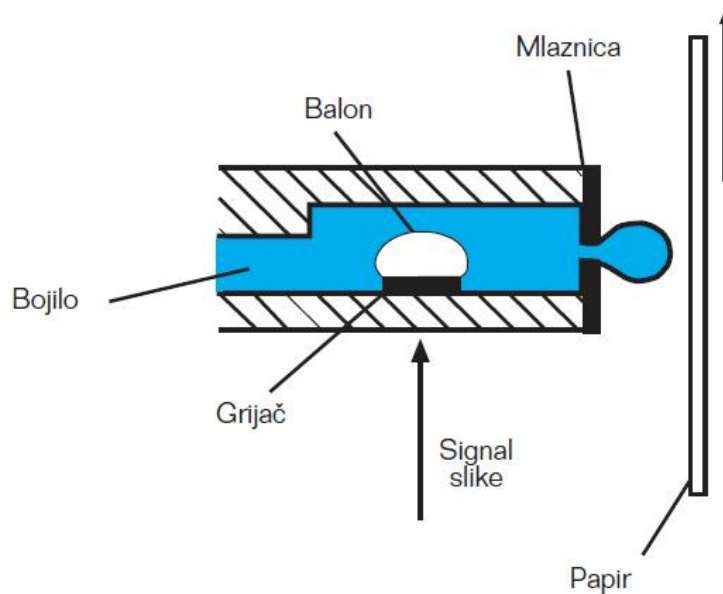


Slika 14. Piezo Ink Jet



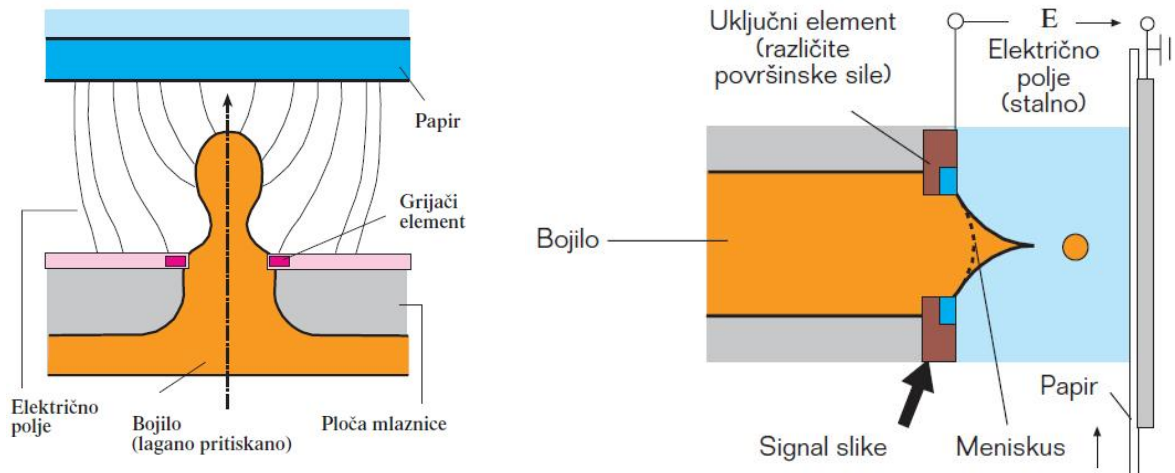
Kod ovog principa ne djeluje se na sastav formiranja kapljice što daje mogućnost korištenja i drugačijih tipova bojila. Npr. boje na bazi solventa (razrjeđivača) imaju mogućnost prianjanja i na neupojne tiskovne podloge jer se suše samo hlapljenjem. Također postoji mogućnost primjene brzosušćih UV bojila koje suše trenutno, što rezultira gubitkom visokih rezolucija. Karakteristike piezo Ink Jet principa su: frekvencija kapanja od 10 – 20 kHz, volumen kapljica od 14 pl, dijametar kapljica od 30  $\mu\text{m}$ .

„Termalni Ink Jet“ (*bubble jet*), pisači formiraju kapljice zagrijavanjem sitnog mikro grijača unutar mikro komore, uslijed toga dolazi do stvaranja plinskog mjehura koji formira kapljicu na otvoru. Kapljica se oslobađa uslijed naglog hlađenja grijača, nakon čega pristiže novo bojilo koje ispire komoru i istiskuje kapljicu na tiskovnu podlogu. Nakon aktivacije grijaćeg elementa temperatura se povećava do 300°C. Uslijed te promjene bojilo isparava i formira se mjehur. Nastali mjehurić formira kapljicu bojila i izgurava je iz mlaznice. Zagrijavanje kapljice i mjehura prestaje, kapljica puca, te kapilarna sila usisava novo bojilo u mlaznicu. Dobivena kapljica volumenom je jednaka veličini mjehura odnosno razmjerna je temperaturi sitnog mikro grijača. Temperatura mikro grijača može biti do 4000 K (Kelvina). Karakteristike termalnog Ink Jet principa su: frekvencija kapanja od 5 – 8 kHz, volumen kapljica od 23 pl, dijametar kapljica od 35  $\mu\text{m}$ .



Slika 15. Termalni Ink Jet (*bubble jet*)

„*Elektrostatski Ink Jet*“ baziran je na generiranju električnog polja koje je formirano između mlaznica i tiskovne podloge. Kapljice tinte nastaju usljed formiranog napona. Impulsi uzrokuju otpuštanje kapljice, te njeno usmjeravanje kroz električno polje do tiskovne podloge. U stanju ne djelovanja električnog polja, na otvoru mlaznice formira se minijaturni meniskus. Aktiviranjem električne struje oslobađa se kapljica koja se usmjerava sa električki provodljivom podlogom. Što je jača struja, to će biti veća kapljica.



Slika 15. *Elektrostatski Ink Jet*

Kod elektrostatskog ink jeta promjer mlaznica te razmak između njih varira od tipa stroja, također varira i rezolucija. Broj mlaznica se može povećati tako da rezolucija može biti veoma velika, 600dpi i više. Veličina kapljice se određuje sa količinom propuštene struje, što je više struje pušteno to će kapljica biti veća.

## 2.4. MJERENJE U KONTROLI KVALITETE TISKA

Boja je psihički doživljaj izazvan fizičkim podražajem (stimulusom). Ono što je moguće mjeriti je upravo taj stimulus, tj. svjetlo koje je ušlo u promatračevo oko i, u njegovom mozgu, proizvelo doživljaj boje. Za mjerenje postoje tri različite vrste mjernih uređaja te naravno kontrolni stripovi[10].

### 2.4.1. KALIBRACIJA I KARAKTERIZACIJA UREĐAJA

Za uspješnu provedbu „*Color Management*“, potrebno je izvršiti cjelokupnu pripremnu radnju koja obuhvaća proces kalibracije i karakterizacije uređaja koji sudjeluju u reprodukcijском procesu. Postupak kalibracije vrlo je sličan postupku karakterizacije, no ipak ih treba pojmovno razdvojiti[13].

„*Kalibracija*“ je postupak kojim se mijenja način rada uređaja radi postizanja željenog stanja, tj. ponašanja uređaja. Najvažniji razlog provođenja kalibracije je da se način rada uređaja učini stabilnim i konstantnim, tako da profil koji opisuje taj uređaj ostane točan. Jer, ako se način rada uređaja mijenja, onda profil tog uređaja koji je opisivao način rada prije promjene, više nije točan.

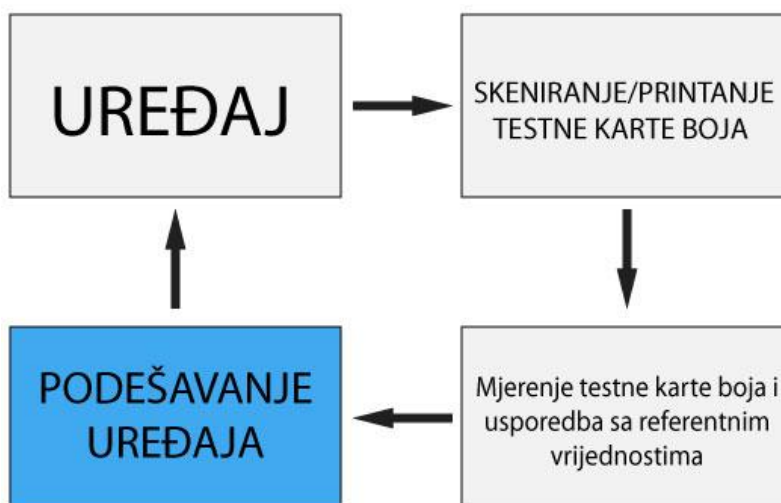
*Karakterizacija* je postupak kojim se registrira način rada uređaja i stvara profil uređaja. Za razliku od kalibracije, karakterizacijom se ne mijenja način rada uređaja, već se stvara profil koji opisuje ponašanje uređaja. Profil uređaja je datoteka koja povezuje vrijednosti boje (RGB ili CMYK) koje daje uređaj sa vrijednostima neovisnima o uređaju (CIEXYZ ili CIELAB) koje predstavljaju boje koje vidi standardni promatrač. Profil sadrži informacije o tri osnovne varijable koje opisuju ponašanje uređaja; informacije o gamutu, dinamičkom rasponu i informacije o reprodukciji tonova koje uređaj može postići.

Kalibracija uređaja predstavlja neophodnu predradnju koju je potrebno izvršiti prije kolorimetrijske karakterizacije uređaja, s ciljem optimiziranja i stabiliziranja rada uređaja. Bitno je da se uređaji periodički rekalibriraju, tako da se omogući konstantno produciranje jednakih vrijednosti boja i da ponašanje uređaja bude onakvo kakvo je opisano u profilu.

Učestalost kojom se uređaj treba kalibrirati ovisi o tipu uređaja, odnosno o varijablama koje se kalibracijom podešavaju. Postupak kalibracije obuhvaća sljedeće radnje:

1. Snimanje, skeniranje ili printanje (ovisno da li se radi o ulaznom ili izlaznom uređaju) odgovarajuće testne karte boja.
2. Procjena rezultata mjerenjem boja koje je prikazao/isprintao/otisnuo uređaj.
3. Podešavanje uređaja prema dobivenim rezultatima.

Polja prikazane/ispisane testne karte boja mjere se kako bi se procijenila sposobnost izlazne jedinice da ispravno prikaže vrijednosti boja koje zadaje softver za kalibraciju. Dobiveni rezultati se šalju nazad u softver, gdje se vrše prilagodbe naredbi koje kontroliraju vrijednosti boja koje se šalju na izlaznu jedinicu.



Slika 16. Kalibracija uređaja

Proces karakterizacije bazira se na sljedećem principu: na uređaj čiji se profil izrađuje, šalju se poznate RGB ili CMYK vrijednosti boje (pomoću testnih karti boja), koje se na uređaju generiraju i zatim mjere. Mjerenja se izvode kolorimetrom ili spektrofotometrom. Nakon toga, aplikacija za karakterizaciju izrađuje profil, koji povezuje

RGB ili CMYK vrijednosti boja dobivenih uređajem, sa njihovim ekvivalentima u referentnom prostoru boja (CIEXYZ ili CIELAB). Pomoću kolorimetrijskih CIELAB vrijednosti, profil govori CMM-u koji su udjeli RGB ili CMYK vrijednosti boja potrebni da bi prikazali određenu boju, a Color Management sustavu govori koja će objektivna boja nastati iz danog seta RGB ili CMYK vrijednosti.

## 2.4.2. MJERNI UREĐAJI

„*Denzitometar*“ je uređaj koji mjeri faktor refleksije ili transmisije, odnosno omjer između upadnog svjetla usmjerenog na uzorak i reflektiranog ili propuštenog svjetla koji dođe do fotoćelije u uređaju. Na osnovi dobivenih informacija, denzitometar izračunava optičku gustoću (D), izraženu u obliku logaritamskih vrijednosti. Optička gustoća matematički se definira kao logaritamska vrijednost opaciteta (neprozirnosti). Dakle, optička gustoća je stupanj do kojeg materijali apsorbiraju svjetlo. Što je više svjetla apsorbirano, tj. što je manja refleksija ili transparentija površine, optička gustoća je veća.

„*Kolorimetar*“ je uređaj koji mjeri tristimulusne vrijednosti boja (na način sličan ljudskom doživljaju boja), u pravilu podešenom prema krivulji standardnog promatrača. Mjerenje boja kolorimetrom temelji se na uspoređivanju ispitivane boje s bojom nastalom u kolorimetru miješanjem osnovnih boja aditivne sinteze. Većina kolorimetara prikazuje vrijednosti u jednom od CIE prostora boja (XYZ, LAB ili LUV). Jedna od najvažnijih prednosti kolorimetra je da omogućava izračunavanje  $\Delta E$  razlike boja, na temelju razlika u svjetlini, tonu i kromatičnosti. Glavni nedostatak kolorimetra je nemogućnost registriranja metamernih boja. Oni su ograničeni na standardnog promatrača i na samo jedan standardni izvor svjetla (D50 ili D65), pa ne mogu provjeriti da li se dva različita uzorka boja vizualno poklapaju pod različitim izvorima svjetla.

„*Spektrofotometar*“ je uređaj koji mjeri promjene u refleksiji, transmisiji ili zračenju, u intervalima, duž valnih dužina vidljivog dijela spektra. Kao rezultat mjerenja faktora refleksije ili transmisije u pojedinim valnim područjima (intervalima) dobiva se spektrofotometrijska krivulja. U grafičkoj industriji najčešće se koriste spektrofotometrijske krivulje u valnom području od 350 nm do 750 nm. Rad uređaja temelji se na rastavljanju bijelog svjetla na pojedinačne valne dužine (ili intervale valnih dužina) pomoću

monokromatora. Kao monokromator koristi se prizma ili optička rešetka. Pojedinačnim valnim dužinama izdvojenim monokromatorom, osvjetljava se ispitivani uzorak boje i bijeli standard. Postupak se provodi redom s monokromatskim svjetlima duž čitavog spektra. Reflektirano svjetlo dolazi do fotoćelije, koja ih pretvara u električne impulse. Impulsi se dalje preračunavaju tako da se na skali mogu očitati faktor refleksije ili transmisije, pri određenoj valnoj dužini, u odnosu na bijeli standard. Kao grafički prikaz mjerenja dobije se spomenuta, spektrofotometrijska krivulja. Suvremeni spektrofotometri sadrže informacije o CIE standardnom promatraču, krivuljama spektralne emisije za mnoge standardne izvore svjetla i mikroračunalo za izračunavanje CIE tristimulusnih vrijednosti. Na temelju CIE koordinata koje se mogu izračunati za boje pod različitim izvorima svjetla, može se predvidjeti koji će izvori svjetla dovesti do pojave metamerije[11].



*Slika 17. Spektrofotometar*

### 2.4.3. STRIPOVI ZA KONTROLU I VOĐENJE TISKA

„Kontrolni stripovi“ su otisnuta polja prosječne veličine do otprilike 5 x 6 mm i nalaze se na dijelu tiskovnog arka koji se obrezuje ili na dijelu arka koji se u konačnom proizvodu ne vidi. U osnovi svrha kontrolnih stripova je da se pomoću njih vizualno i različitim denzitometrijskim i spektrofotometrijski metodama može ustanoviti određeni problem. Iste metode služe i za kvalitetno upravljanje tiskom. Zbog toga se kontrolni stripovi dijele na „signalne stripove“ i „mjerne stripove“. Signalni stripovi služe za vizualno ustanovljavanje nekih promjena dok mjerni stripovi služe za mjerne uređaje koji se koriste zbog ne uniformiranosti ljudskog oka i različitog subjektivnog doživljaja kvalitete tiska[2].

#### 2.4.3.1. SIGNALNI STRIPOVI

Osjetljivost oka da registrira vrlo male promjene u intenzitetu upadnog svjetla omogućuje oku da registrira i najmanje promjene koje se mogu dogoditi za vrijeme tiska. Takvo se vizualno ustanovljenje nekih promjena u tisku radi s pomoću signalnih stripova.

Jedan od prvih stripova koji je omogućio ustanovljavanje promjena u tisku je strip kojim se mogu ustanoviti geometrijske deformacije u tisku. Takav strip sastoji se od tankih vodoravnih, okomitih te kosih linija. Prilikom geometrijske deformacije u tisku linije koje se nalaze u okomitom smjeru od smjera deformacije postaju deblje.



Slika 18. Signalni strip za ustanovljavanje ukupnih deformacija u tisku

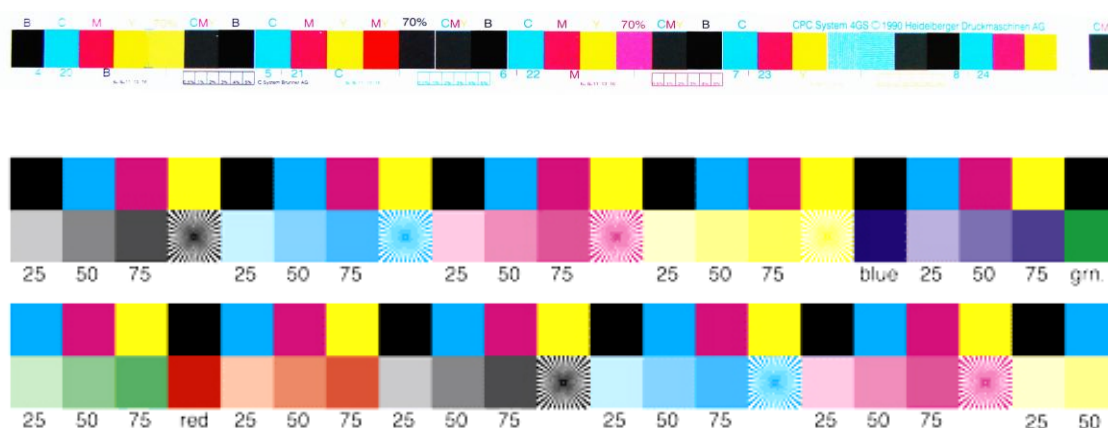
## 2.4.3.2. MJERNI STRIPOVI

Osim vizualne kontrole i ustanovljavanja deformacija rasterskih elemenata, upravljanje i kontrola tiska mjernim stripovima potrebna je zbog razlučivosti osjeta pojedinih promatrača i radi omogućavanja automatski vođenog tiska.

Mjerni stripovi su polja prosječne veličine kao i signalni stripovi te se također tiskaju na dijelu arka koji se obrezuje. Mjerni stripovi služe da se uz pomoć uređaja određeni proces u tisku može dovesti u optimalno radno stanje. Ovakvi stripovi i postupci mjerenja koji se primjenjuju nezamjenjiv su čimbenik u tisku upravo iz razloga ne uniformiranosti ljudskog oka i različitog subjektivnog doživljaja kvalitete tiska.

Informacija o boji koja se prenosi s originala u određeni medij prilikom prijenosa i transformacije u drugi medij mora zadržati što više izvornih informacija. Kako je jedna od karakteristika ofsetnog tiska ta da je količina bojila koja se nalazi na uređaju za obojenje promjenjiva veličina, tisak je potrebno izvoditi tako da količina bojila na tiskovnoj podlozi reflektira točan iznos određene spektralne energije u ljudsko oko. Poremećajem tih odnosa, izvorna informacija originala neće odgovarati informaciji na otisku.

Zbog toga je jedan od glavnih uvjeta kvalitetnog tiska postizanje takvog obojenja osnovnih tiskarskih boja s kojima se može otisnuti kvalitetan proizvod. Definiranjem optimalnog obojenja, proces tiska postaje standardiziran, ponovljiv i kompatibilan s ostalim djelovima proizvodnje kod definicije profila ulaznih i izlaznih uređaja.



Slika 19. Mjerni kontrolni stripovi za ustanovljavanje gustoće obojenja u tisku

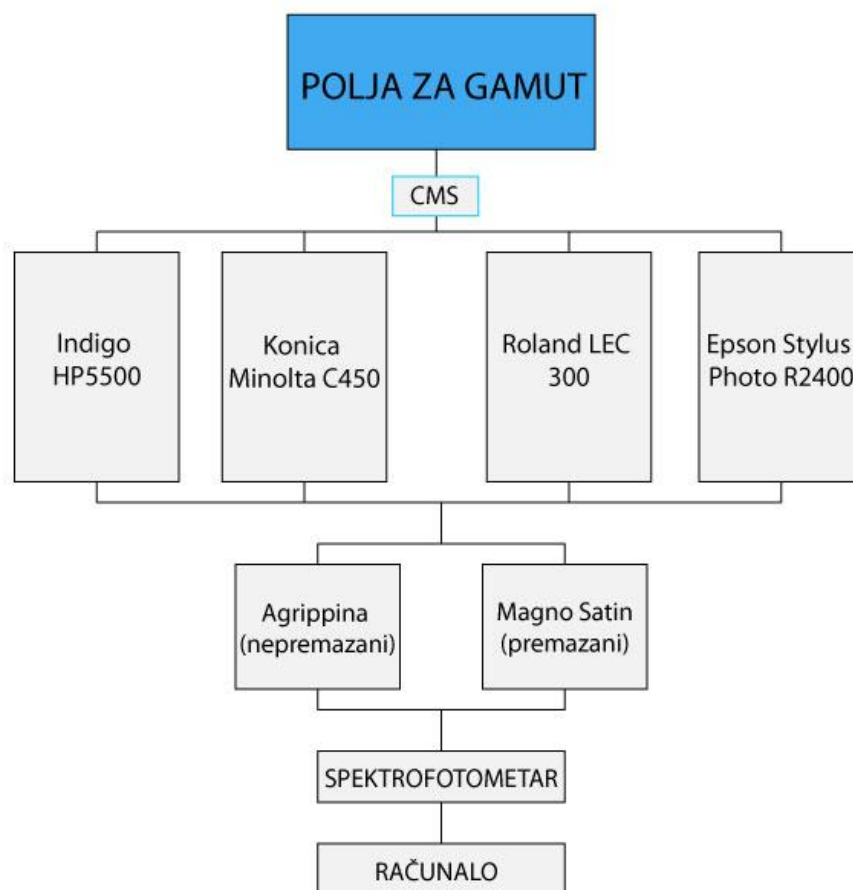


### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. METODOLOGIJA RADA

Da bi se mogle određivati vrijednosti gamuta kao produkt reprodukcije boja, izrađen je dokument sa poljima za gamut. Polja za gamut su otisnuta na dvije različite papirne podloge, na svakom stroju posebno.

Polja za gamut su otisnuta na papirnoj podlozi Agrippina 190 g/m<sup>2</sup>, ofsetni papir (*ne premazani*), te Magno Satin 200 g/m<sup>2</sup>, Kunstdruck papir (*premazani*). Strojevi koji su pri tome korišteni su iz najzastupljenijih tehnika digitalnog tiska, iz Ink jet-a i elektrofotografije. Za ink jet su odabrana dva tehnički različita stroja, Epson Stylus Photo R2400 te Roland Versa UV LEC 300. Za elektrofotografiju su odabrani, Indigo HP5500 te Konica Minolta C450, također tehnički različiti.



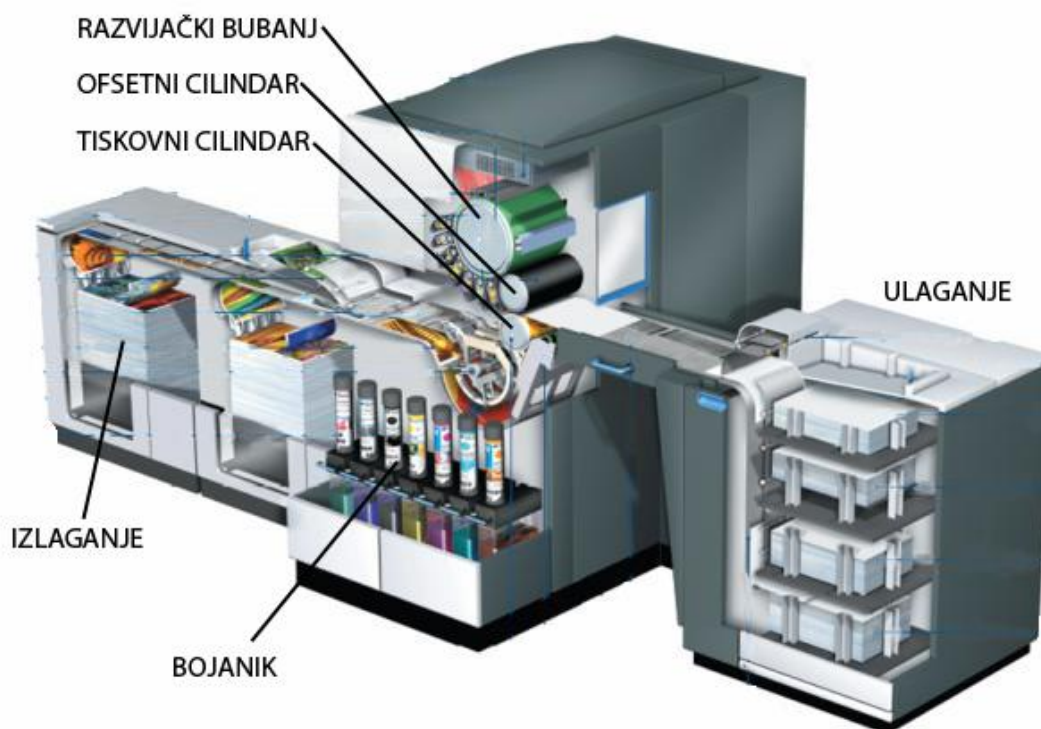
Slika 20. Shema metodologije rada

### 3.1.1. KORIŠTENI UREĐAJI

#### 3.1.1.1. HP Indigo 5500 (Elektrofotografija)

„HP Indigo 5500“ je digitalni četverbojni tiskarski stroj, u kojem su uređaji za obojenje smješteni uz jednu tiskovnu jedinicu. Stroj može biti dodatno opremljen s tri uređaja za bojenje. Spada u elektrofotografske strojeve za tisak.

HP Electroink bojilo dopušta veliku kontrolu pri doziranju količine bojila na tiskovnoj podlozi. Gamut reprodukcije se znatno proširuje sa 7 boja što se koristi u tiskanju grafičkih proizvoda koji zahtijevaju visoku fotografsku kvalitetu. Kao dodatne boje mogu se koristiti light cyan i light magenta, digitalni mat lak i Panton boje. Stroj sadrži i uređaj za preokretanje araka, čime se povećava produktivnost[18].



Slika 21. Shematski prikaz stroja HP Indigo 5500

**Tablica 1. Tehnički opis za stroj „HP Indigo 5500“**

Veličina slike	max. 317,5 x 449,5 mm
Brzina tiska	68 ppm sedmerbojnih A4 272 ppm jednobojnih A4
Rezolucija	800 x 1200 dpi pri 8-bitu, max. 2400 x 2400 dpi (high def.),
Procesor	Intel Core 2 Duo E6400 2.13 2MB/1066 CPU
CPU RAM	1GB (2 x 512 MB, DDR2-667) proširivo do 8GB
Operativni sistem	Windows XP Professional SP2
Podržani formati	Postscript Level 3, PDF 1.5, PDF/X-1:2002a, PDF/X-3:2002, TIFF, JPEG, EPS, PPML, JLYT
Boje	CMYK, dodatnih 3
Mogući dodaci	3 dodatna ulagača (ukupno 6000 araka) HP Indigo Photo Enhancement server HP TIP Expansion Pack sa dodatnim RIP kapacitetom kako bi se RIPanje moglo izvoditi pri brzini tisak
Spojivost	TCP/IP, MAC preko PcMac lan
Bojilo	Tekuće electroink bojilo

### 3.1.1.2. Konica Minolta C450 (Elektrofotografija)

„Konica Minolta C450“ je četverbojni digitalni tiskarski stroj. Spada u elektrofotografske strojeve za tisak koji se baziraju na laserskoj tehnologiji te se u javnosti nazivaju „laserski printeri“.

To je stroj visoke kvalitete koji je zapravo mali multimedijalni uređaj za različitu namjenu. S njim se može skenirati, kopirati velikom brzinom c/b ili pak u boji, obostrano. Posjeduje mogućnost perforiranja, savijanja i sabiranja. Podržava sve dostupne vrste datoteka koje se mogu otiskivati na papirima do čak 256 g/m<sup>2</sup>. Koristi polimerizirani toner Simitri koji omogućava manju potrošnju te ujednačenost boje od 1 do zadnjeg otiska[16].



Slika 22. Shematski prikaz stroja Konica Minolta C450

**Tablica 2 Tehnički opis za stroj „Konica Minolta C450“**

Veličina slike	11" x 17" inch
Brzina tiska	19 color/24 B/W (11" x 17") ppm 26 color/34 B/W (8.5" x 11" crosswise) 35 color/45 B/W (8.5" x 11" landscape) 35 color/45 B/W (5.5" x 8.5" crosswise) 35 color/45 B/W (5.5" x 8.5" landscape)
Rezolucija	Skeniranje 600x600 dpi Printanje 600x600 dpi
CPU	600 MHz (Shared with the copier)
Memorija	512 mb
Operativni sistem	Windows 98SE, Windows Me, Windows NT4.0 SP6, Windows 2000, Windows XP, Windows Server 2003, Mac OS 9.2 or later, Mac OS X 10.2, 10.3 and 10.4 Font PCL Resident Fonts: 80 outline + 1
Podržani formati	TCP/IP, IPX/SPX (NDS), SMB, NetBEUI, LPD, LPR, IPP 1.1, SNMP, HTTP, AppleTalk (EtherTalk), Pserver (Novell 4.x, 5, 6/NDS), NPrinter, NDPS, SMTP, POP3, LDAP, SSL
Boje	CMYK
Hard disk	40 GB
Tehnologija	Suha elektrofotografija
Fotokonduktor	OPC
Izvor svjetlosti	Bijeli inertni plin, fluorescentna lampa
Bojilo	Polimerni toner, Simitri.

### 3.1.1.3. Epson Stylus Photo R2400 (Ink Jet)

„Epson Stylus Photo R2400“ je printer visoke kvalitete, baziran na Ink Jet tehnologiji. Točnije to je „kapljasti ink jet“(eng. on demand), čija se tehnologija bazira na Piezo keramici, u ovom slučaju mikro piezo keramici. Osim CMYK boja postoje i još dodatne boje koje ovom printeru daju visoku kvalitetu, dostojnu za razvijanje vrhunskih fotografija. Nazvane su „UltraChrome K3“ a sastoje se od: Cyan, Magenta, Yellow, Light Cyan, Light Magenta, Matte Black, Photo Black1, Light Black i Light Light Black boja[19].



Slika 23. Shematski prikaz stroja Epson Stylus Photo R2400

**Tablica 3. Tehnički opis za stroj „Epson Stylus Photo R2400“**

Veličina slike	Width (615mm) x Depth (737mm) x Height (457mm)
Brzina tiska	PHOTO 8" x 10" 80 +/- sec (Photo)
Rezolucija	5760 x 1440 Optimised dpi using Resolution Performance Management (RPM) Technology
Papir dimenzije	A3+, A3, A4, A5, A6, Letter, B4, B5, Legal, Executive, Half Letter, 3.5" x 5", 4" x 6", 5" x 8", 5" x 7", 8" x 10", 12" x 12", Envelopes (C6, No. 10, DL & 220 x 132mm)
Memorija	512 mb
Operativni sistem	Mac® OS 9.1 or later / OS X 10.2 or later, Microsoft® Windows® XP, Me, 98, or 2000
Boje	COLOUR INK: Cyan (T0592), Magenta (T0593), Yellow (T0594), Light Cyan (T0595), Light Magenta (T0596) PHOTO BLACK (standard) T0591 MATTE BLACK (optional) T0598 LIGHT BLACK (standard) T0597 LIGHT LIGHT BLACK (standard) T0599
Izvor svjetla	Fluorescentno svjetlo
Intenzitet	70 k lux
Temperatura	24 °C

### 3.1.1.4. Roland Versa UV LEC300 (Ink Jet)

„*Roland Versa UV LEC300*“ je šesterbojni tiskarski stroj vrhunske kvalitete koji se koristi uglavnom za probne otiske ali se može koristiti i za manje naklade. Tisak je iz role ali može otiskivati i na arke. Stroj je Piezo Ink Jet tehnologije, sa UV bojilima. Stroj također ima i rezač (cutter). Od boja tu su : cyan, magenta, yellow, black, white, i lak(gloss) s kojim se radi premaz. Premaz može biti veće debljine[17].



*Slika 24. Shematski prikaz stroja Roland Versa UV Lec 300*



**Tablica 4. Tehnički opis za stroj „Roland Versa LEC300“**

Papir	182 do 762 mm
Vanjski promjer role	Maksimalno 180 mm
Težina role	Maksimalno 20 kg
Širina otiskivanja/ rezanja	Maksimalno 736 mm
Boja	cyan, magenta, yellow, black, white i lak (premaz)
Rezolucija	Maksimalno 1440 dpi
Brzina rezanja	10 do 600 mm/s (10 to 300 mm/s in media-feed direction)
Sila noža	30 do 300 gf
Optimalan OS	Windows Vista® Ultimate Service Pack 1 or Business Service Pack 1 (32-bit edition), Windows Vista® Ultimate or Business (32-bit edition), or Windows XP® Professional Service Pack 2 or 3, or Windows® 2000 Service Pack 4
Optimalan CPU	Pentium 4, 2.0 GHz or faster recommended
Optimalan RAM	1 GB ili više
Optimalna rezolucija video kartice ili monitora	1280 x 1024
Optimalan Hard disk	40 GB ili više
Aplikacije kompatibilne sa „Print&Cut“	Adobe® Illustrator 10, CS, CS2, CS3 CorelDRAW® 11, 12, X3

### 3.1.1.5. X-Rite DTP 41 (Spektrofotometar)

Spektrofotometar „X-Rite DTP 41“ je kolorimetrijski uređaj. Dobiveni rezultati mogu biti u sljedećem obliku: gustoća obojenja,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$ ,  $H^*$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $Y$ , sivoće pogreške tona, spektralne refleksije u vidljivom dijelu spektra i rastertonske vrijednosti obojenja. Uređaj se zbog svoje brzine i točnosti koristi za izradu ICC profila, koji se izrađuju pomoću programa MONACO.



Slika 25. Shematski prikaz spektrofotometra X-Rite DTP 41

**Tablica 5. Tehnički opis za uređaj „X-Rite DTP 41“**

Točnost	<0,1 $\Delta E$ max., <0,5 prosjek
Spektralni senzor	DRS tehnologija, 24 točaka strojno
Spektralni opseg mjerenja	400-700 nm
Ponovljivost	0,2 $\Delta E$ max $\pm$ 0,01 D max
Brzina mjerenja	0,25 s po polju
Interno instrumentsko slaganje	0,3 $\Delta E$
Mjerna geometrija	45 % / 0° ANSI i ISO standard
Izlaz	31 točka spektralnih podataka, kolorimetrijski podaci statusa (T,I,A,M,i E)
Dimenzija / masa	8,8 x 18,4 x 11,4 cm / 890 g
Izvor svjetlosti	A, C, D50, D55, D65, D75, F2,F7, F11,F12
Kut promatranja po CIE	2°, 10°
Mjerni zaslon	1,8 x 2,5 cm

### 3.1.2. KORIŠTENI MATERIJALI

#### 3.1.2.1. Agrippina (Offsetni papir)

Prva tiskovna podloga koja je korištena je 190 g/m<sup>2</sup> papir „Agrippina“ tvrtke UPM. To je bijeli, grubi, nepremazani papir (Offsetni papir)[12].

**Tablica 6. Tehnički opis za tiskovnu papirnu podlogu „Agrippina“**

<b>Zemlja proizvodnje</b>	<b>Norveška (Nordland)</b>
<b>Opis proizvoda</b>	Visoko bijeljeni, bezdrvni, nepremazani papir (High white, woodfree uncoated paper - WFU)
<b>Vrsta tiska</b>	Tisak iz arka (Sheet fed offset)
<b>Dodatci</b>	Punila (Hardwood and softwood sulphate pulp)
<b>Završna obrada</b>	Kalandriranje (Machine finished)
<b>Pakiranje</b>	Čvrsti nepropusni papir (Strong kraft paper, Strong moisture proof polyethylene laminated kraft paper)
<b>Certifikati</b>	ISO 14001, EN 71/3:1988 D Safety of Toys, EMAS, ISO 9001, European Eco-label, Permanent Paper ISO 9706, FSC Chain-of-Custody, PEFC Chain-of-Custody, 94/62 EC Heavy Metal Certificate, BfR Food Certificate

**Tablica 7. Vrijednosni podatci za tiskovnu papirnu podlogu „Agrippina“**

<b>Gramatura (Weight)</b>  (g/m <sup>2</sup> )	<b>Svjetlina (Brightness)</b>  D65 (ISO 2470-2) (%)	<b>CIE Bjelina (Whiteness)</b>  (%)	<b>Neprozirnost (Opacity)</b>  (%)	<b>Gustoća (Bulk)</b>  (ISO 534) (cm <sup>3</sup> /g)	<b>Grubost (Roughness)</b>  Bendtsen (ISO 8791-2) (ml/min)	<b>Debljina (Thickness)</b>  (ISO 534) (µm)
<b>60.0</b>	103	150	87.5	1.30	250	79
<b>70.0</b>	103	150	90	1.28	250	90
<b>80.0</b>	103	150	92.5	1.27	250	100
<b>90.0</b>	103	150	94	1.25	250	114
<b>100.0</b>	103	150	95.5	1.23	250	123
<b>110.0</b>	103	150	96.5	1.21	250	130
<b>120.0</b>	103	150	97	1.17	250	140
<b>140.0</b>	103	150	98	1.14	250	160
<b>150.0</b>	103	150	98.5	1.14	250	172
<b>170.0</b>	103	150	99	1.10	250	185
<b>190.0</b>	103	150	99.5	1.10	250	205
<b>250.0</b>	103	150	99.7	1.10	250	275
<b>300.0</b>	103	150	99.9	1.10	250	335

### 3.1.2.2. Magno Satin (Kunstdruck papir)

Druga tiskovna podloga koja je korištena je 190 g/m<sup>2</sup> papir „*Mango Satin*“ tvrtke Sappi. To je bijeli, sjajni, premazani papir (Kunstdruck papir)[20].

**Tablica 8. Tehnički opis za tiskovnu papirnu podlogu „*Magno Satin*“**

<b>Zemlja proizvodnje</b>	<b>USA</b>
<b>Opis proizvoda</b>	Bijeli, premazani papir (White, satin paper)
<b>Vrsta tiska</b>	Tisak iz arka (Sheet fed offset)
<b>Dodatci</b>	Punila (Hardwood and softwood sulphate pulp)
<b>Završna obrada</b>	Kalandriranje i premaz (Machine finished and satin)
<b>Pakiranje</b>	Čvrsti nepropusni papir (Strong kraft paper, Strong moisture proof polyethylene laminated kraft paper)
<b>Certifikati</b>	ISO 536, ISO 2470, DIN 8791-4, ISO 2471, TAPPI 502, ISO 6588, ISO 534

**Tablica 9. Vrijednosni podatci za tiskovnu papirnu podlogu „Magno Satin“**

<b>Gramatura (Weight)</b>	<b>Svjetlina (Brightness)</b>	<b>Relativna vlažnost</b>	<b>Neprozirnost (Opacity)</b>	<b>pH (pH value)</b>	<b>Grubost (Roughness)</b>	<b>Gustoća (SPEC. VOLUME)</b>
<b>(ISO 536) (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>(Illuminant D65/10°) (%)</b>	<b>(Relative humidity) (23°C) (%)</b>	<b>(ISO 2471 ) (%)</b>	<b>(ISO 6588) (-)</b>	<b>PPL (DIN 8791-4 ) (µm)</b>	<b>(ISO 534) (cm<sup>3</sup>/g)</b>
<b>90.0</b>	100	50	91	>7	1,4	0,82
<b>100.0</b>	100	50	92,5	>7	1,4	0,82
<b>115.0</b>	100	50	94.5	>7	1,4	0,82
<b>130.0</b>	100	50	95	>7	1,4	0,82
<b>135.0</b>	100	50	95,5	>7	1,4	0,82
<b>150.0</b>	100	50	96,5	>8	1,4	0,83
<b>170.0</b>	100	50	97,5	>7	1,4	0,83
<b>200.0</b>	100	50	98	>7	1,4	0,84
<b>225.0</b>	100	50	98,5	>7	1,4	0,90
<b>250.0</b>	100	50	98,5	>7	1,4	0,89
<b>275.0</b>	100	50	99	>7	1,4	0,91
<b>300.0</b>	100	50	99	>7	1,4	0,89
<b>350.0</b>	100	50	99,5	>7	1,4	0,99
<b>400.0</b>	100	50	99,5	>7	1,4	1,03

## 3.2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Na slikama koje slijede prikazane su reprodukcije gamuta otisnute na sljedećim strojevima:

1. HP Indigo 5500 - Elektrofotografija
2. Konica Minolta C450 - Elektrofotografija
3. Epson Stylus Photo R2400 - Ink Jet
4. Roland Versa UV LEC300 - Ink Jet

Uspoređuju se otisnute vrijednosti gamuta za dvije papirne tiskovne podloge; „*Agripina*“ i „*Magno Satin*“. Gamuti su konstruirani mjerenjem 378 polja ( $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) uz pomoć „*X – Rite DTP 41*“ spektrofotometra te programa „*Monaco Profiler*“.

Prikazane reprodukcije gamuta se mogu vidjeti u 2D i 3D presjecima prostornog volumena gdje će vrijednosti biti razlikovane crvenom i crnom bojom. U dijelu sa grafovima je prikazana usporedba vrijednosti prostornog volumena gamuta ( $\Delta V$ ) za pojedini stroj te za pojedinu tiskovnu papirnu podlogu. Volumeni gamuta su prikazani za tri različite svjetline:  $L^*=80$ ,  $L^*=50$ ,  $L^*=20$ .







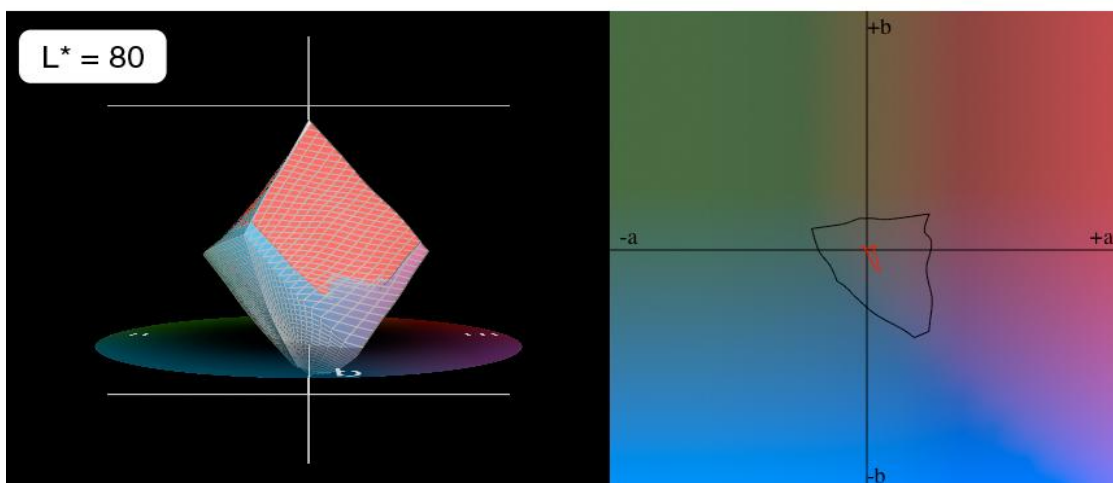
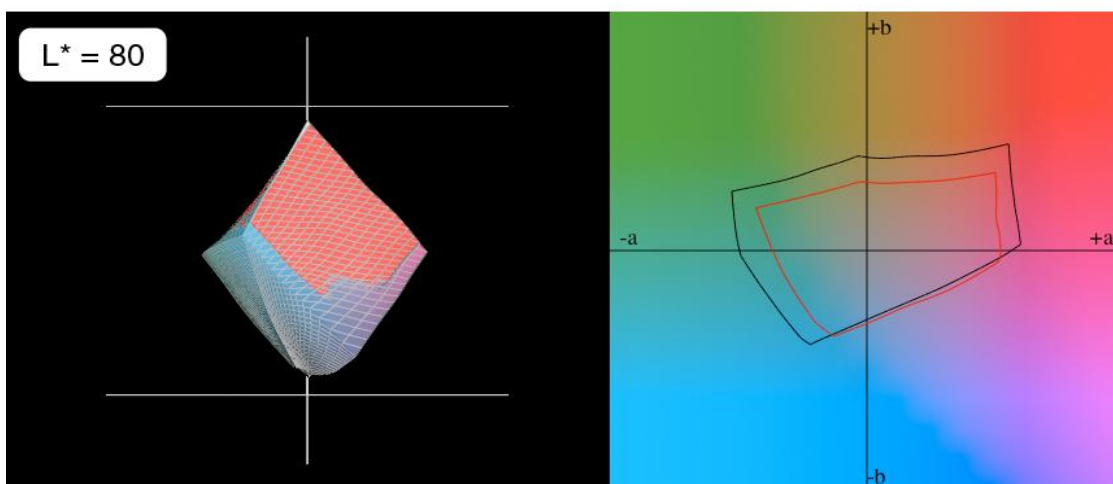
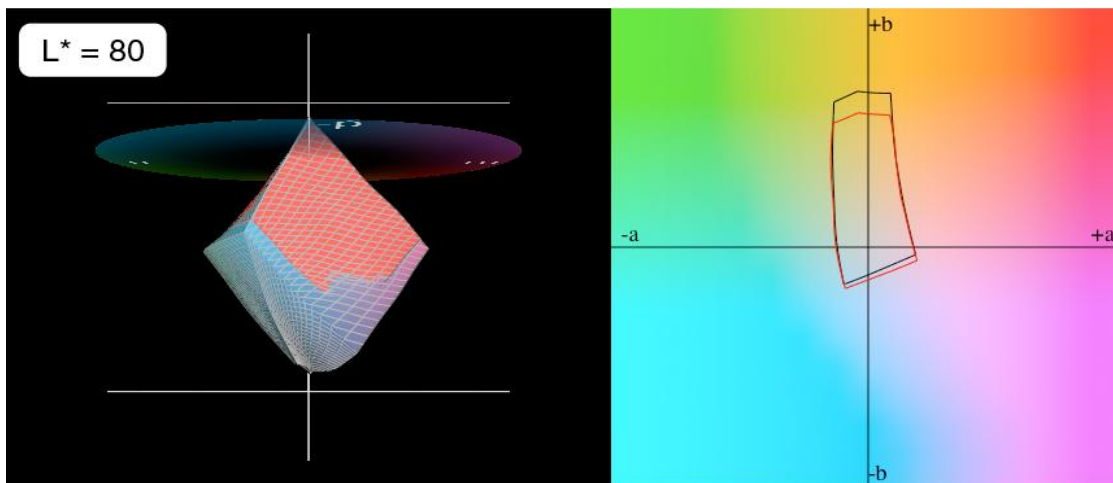
Kod „*HP Indigo 5500*“ (Slika 25.) veći prostorni volumen ima Magno Satin papir ( $V=848,645$ ), od papira Agripina ( $V=573,490$ ). Nastala razlika u prostornom volumenu između Magno Satina i Agripine je umjerena ( $\Delta V=275,155$ ).

Kod presjeka volumena gamuta sa svjetlosti  $L^*=80$ , vidljivo je da papir Magno Satin ima veće vrijednosti u žutom području, te malo manja u plavom području.

Kod presjeka volumena gamuta sa svjetlosti  $L^*=50$ , vidljivo je da papir Magno Satin ima veće vrijednosti u svim područjima, osim kod ljubičastog područja gdje je vrijednost jednaka sa Agripina papirom.

Kod presjeka volumena gamuta sa svjetlosti  $L^*=20$ , vidljivo je da papir Magno Satin visoko prevladava u svim područjima.

Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	MAGNO SATIN	PRINTER	CMYK			848,645
✓	AGRIPINA	PRINTER	CMYK			573,490



Slika 25. HP Indigo 5500 – Elektrofotografija

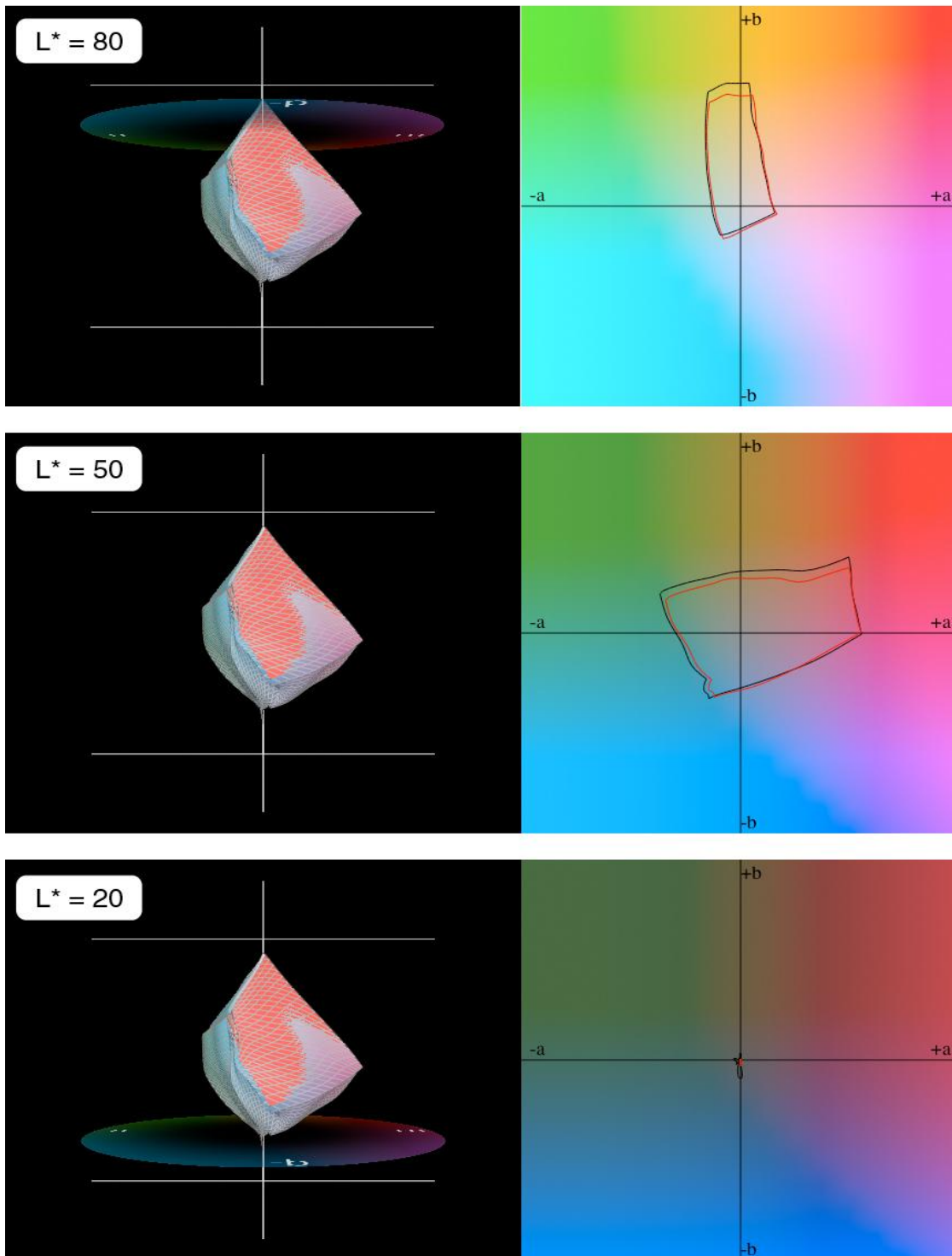
Kod „*Konica Minolta C450*“ (Slika 26.) veći prostorni volumen ima Magno Satin papir ( $V=581,024$ ), od papira Agripina ( $V=503,051$ ). Nastala razlika u prostornom volumenu između Magno Satina i Agripine je vrlo malena ( $\Delta V=77,973$ ).

Kod presjeka volumena gamuta sa svjetlosti  $L^*=80$ , vidljivo je da papir Magno Satin ima neznatno veće vrijednosti u žutom području.

Kod presjeka volumena gamuta sa svjetlosti  $L^*=50$ , vidljivo je da papir Magno Satin ima neznatno veće vrijednosti u svim područjima, osim kod ljubičastog područja gdje je vrijednost jednaka sa Agripina papirom.

Kod presjeka volumena gamuta sa svjetlosti  $L^*=20$ , vrijednosti su ekstremno malene za oba dvije papirne podloge.

Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	MAGNO SATIN	PRINTER	CMYK			581,024
✓	AGRIPINA	PRINTER	CMYK			503,051







Slika 26. Konica Minolta C450 – Elektrofotografija

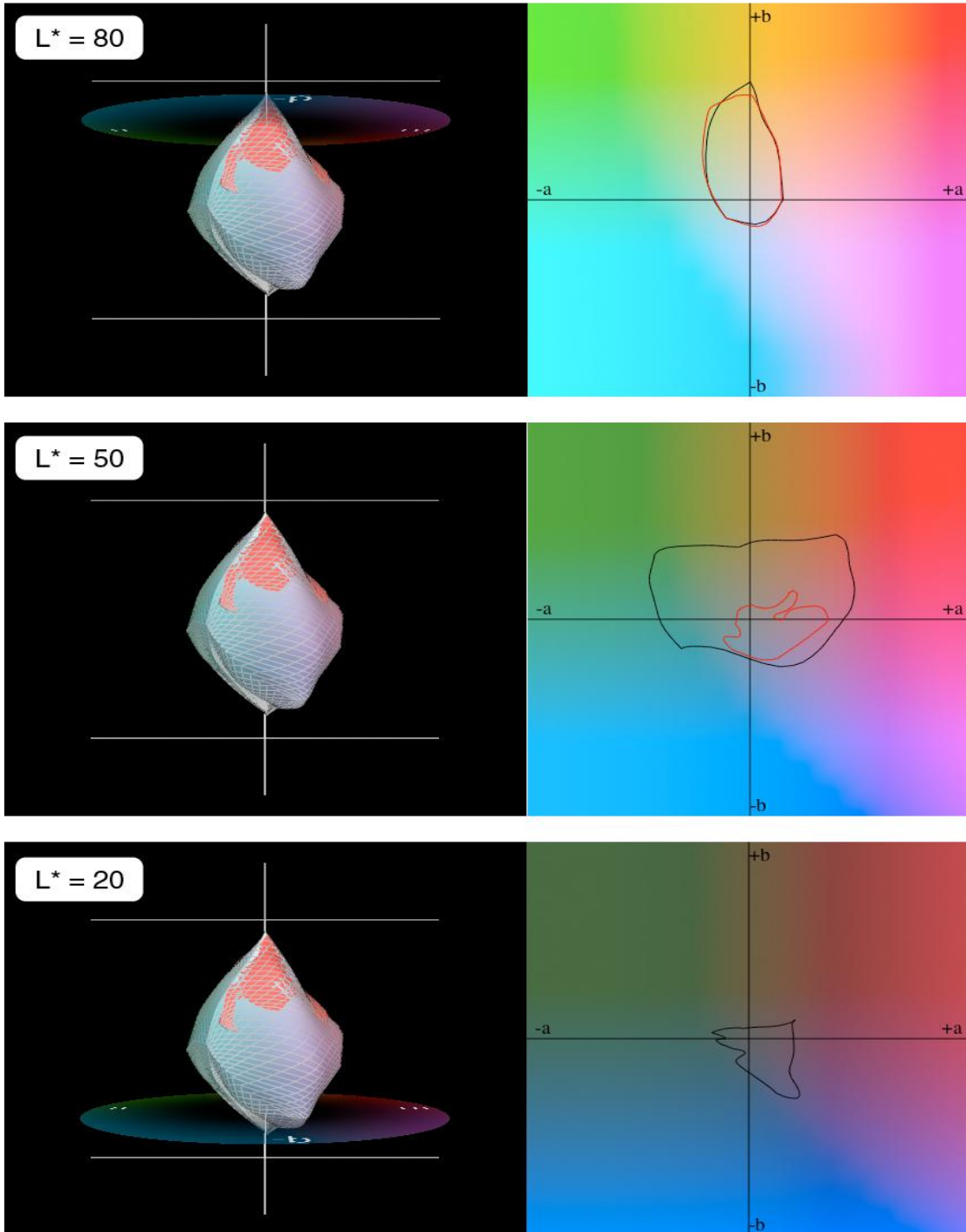
Kod „Epson Stylus Photo R2400“(Slika 27.) veći prostorni volumen ima Magno Satin papir ( $V=702,768$ ), od papira Agripina ( $V=262,061$ ). Nastala razlika u prostornom volumenu između Magno Satina i Agripine je vrlo velika ( $\Delta V=440,707$ ).

Kod presjeka volumena gamuta sa svjetlosti  $L^*=80$ , vidljivo je da papir Magno Satin ima neznatno veće vrijednosti u žutom području.

Kod presjeka volumena gamuta sa svjetlosti  $L^*=50$ , vidljivo je da papir Magno Satin ima puno veće vrijednosti u svim područjima.

Kod presjeka volumena gamuta sa svjetlosti  $L^*=20$ , Magno Satin ima dominaciju u svim područjima jer papir Agripina nema nikakvu reprodukciju pri tom svjetlu.

Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	MAGNO SATIN	PRINTER	CMYK			702,768
✓	AGRIPINA	PRINTER	CMYK			262,061





Slika 27. Epson Stylus Photo R2400 – Ink Jet

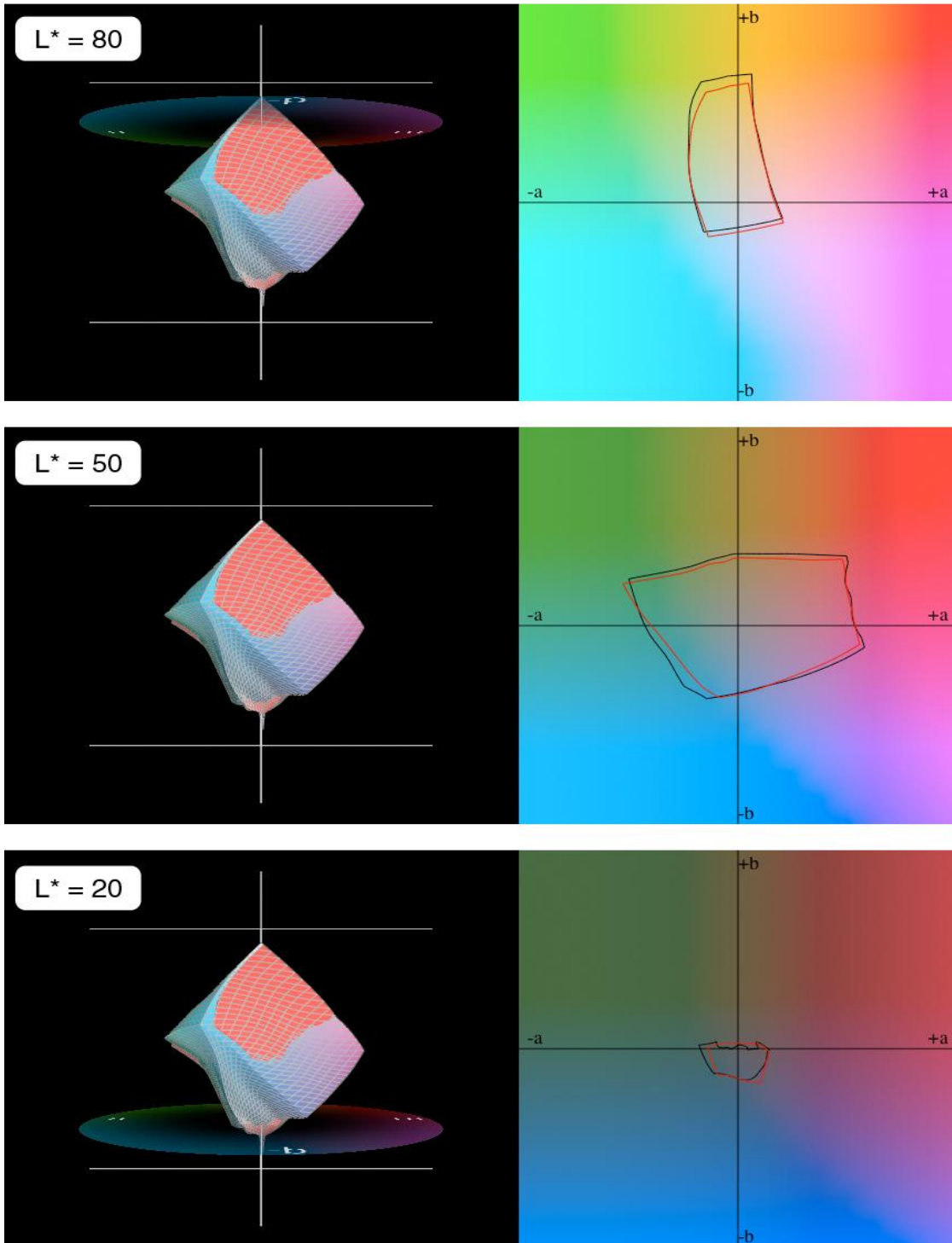
Kod „*Roland Versa UV LEC300*“ (Slika 28.) veći prostorni volumen ima Magno Satin papir ( $V=813,414$ ), od papira Agripina ( $V=733,640$ ). Nastala razlika u prostornom volumenu između Magno Satina i Agripine je vrlo malena ( $\Delta V=79,774$ ).

Kod presjeka volumena gamuta sa svjetlosti  $L^*=80$ , vidljivo je da papir Magno Satin ima neznatno veće vrijednosti u zelenom i žutom području.

Kod presjeka volumena gamuta sa svjetlosti  $L^*=50$ , vidljivo je da papir Magno Satin ima neznatno veću vrijednost u plavom području.

Kod presjeka volumena gamuta sa svjetlosti  $L^*=20$ , Magno Satin ima veću vrijednost u zelenom području a papir Agripina u ljubistačnom području, ali razlike su veoma malene.

Visible	Description	Class	Space	3D Color	2D Color	Volume
✓	MAGNO SATIN	PRINTER	CMYK			813,414
✓	AGRIPINA	PRINTER	CMYK			733,640

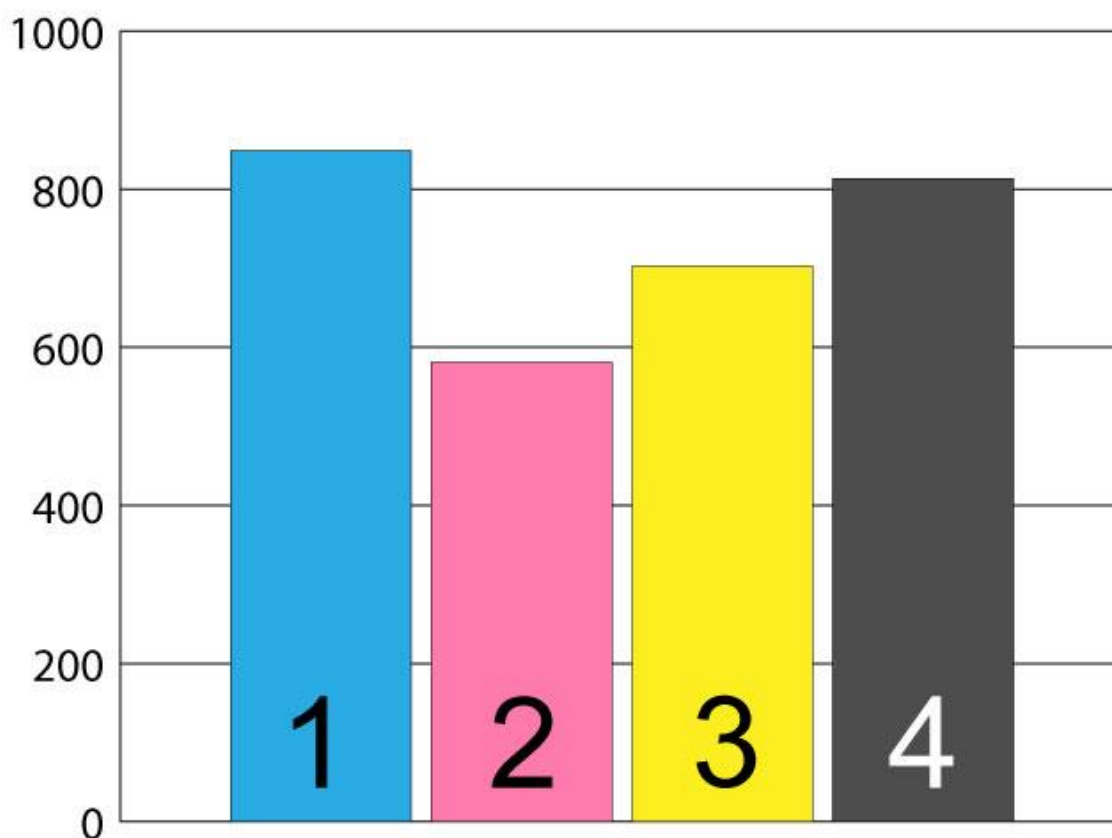


Slika 28. Roland Versa UV LEC300 – Ink Jet



Na prikazanom grafikonu(Slika 29.) vidi se usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta za papirnu podlogu „Magno Satin“ kod svih strojeva. Strojevi su kategorizirani pod sljedećim brojevima:

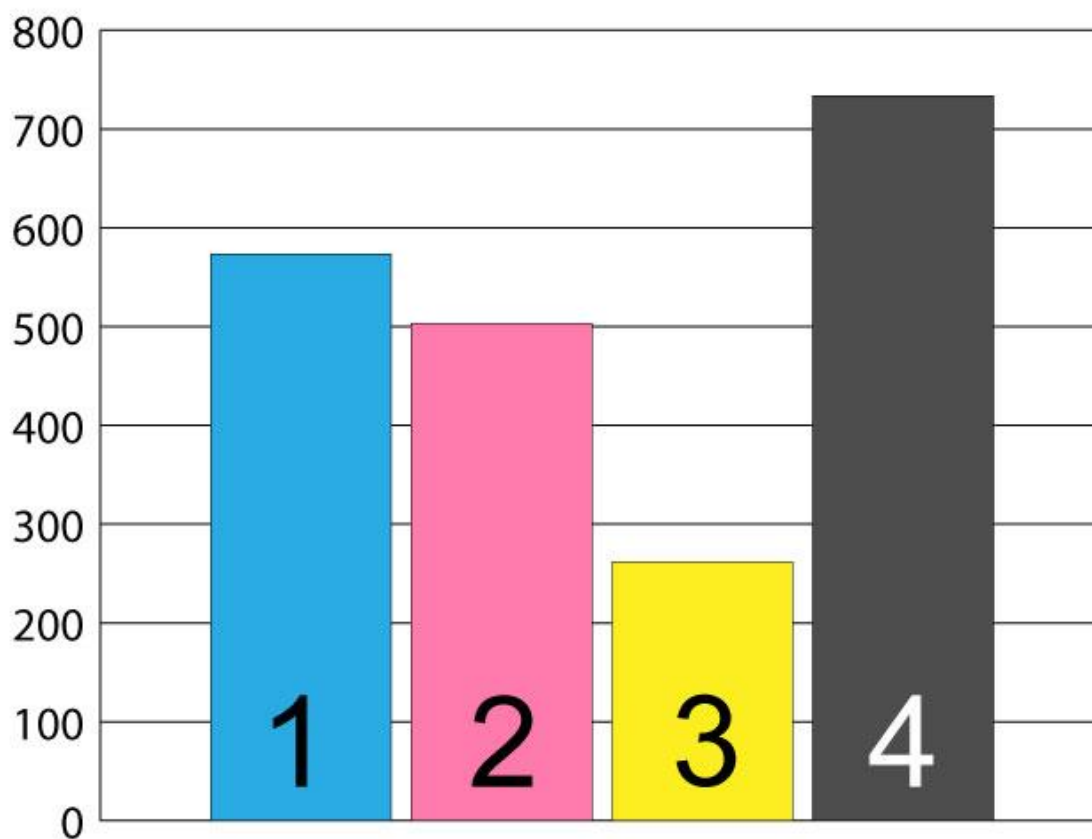
1. HP Indigo 5500 (V=848,645)
2. Konica Minolta C450 (V=581,024)
3. Epson Stylus Photo R2400 (V=702,768)
4. Roland Versa UV LEC300 (V=813,414)



Slika 29. Usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta za papir „Magno Satin“ otisnutom na svim strojevima

Na prikazanom grafu(Slika 30.) vidi se usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta za papirnu podlogu „Agripina“ kod svih strojeva. Strojevi su kategorizirani pod sljedećim brojevima:

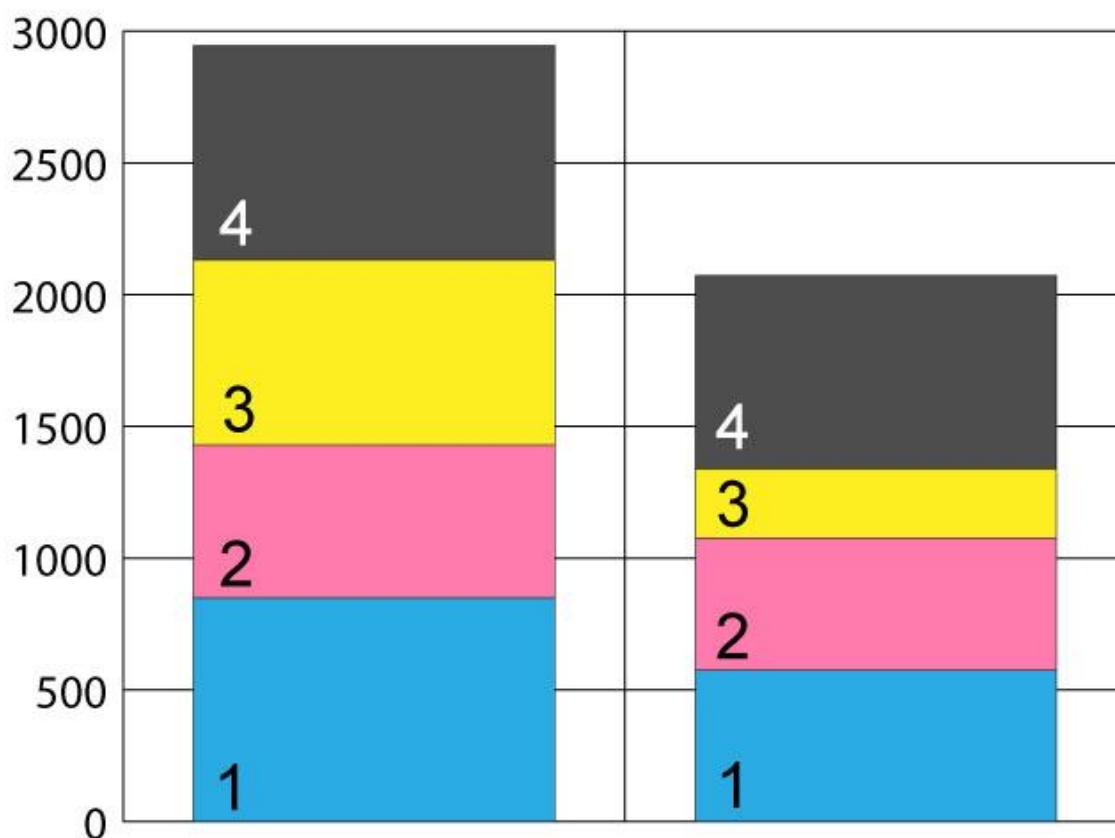
1. HP Indigo 5500 (V=573,490)
2. Konica Minolta C450 (V=503,051)
3. Epson Stylus Photo R2400 (V=262,061)
4. Roland Versa UV LEC300 (V=733,640)



Slika 30. Usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta za papir „Agripina“ otisnutom na svim strojevima

Na prikazanom grafikonu(Slika 31.) vidi se međusobna usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta svih strojeva za papirnu podlogu „Magno Satin“ koja se nalazi na lijevoj strani, te papirne podloge „Agripina“ koja se nalazi na desnoj strani. Strojevi su kategorizirani pod sljedećim brojevima:

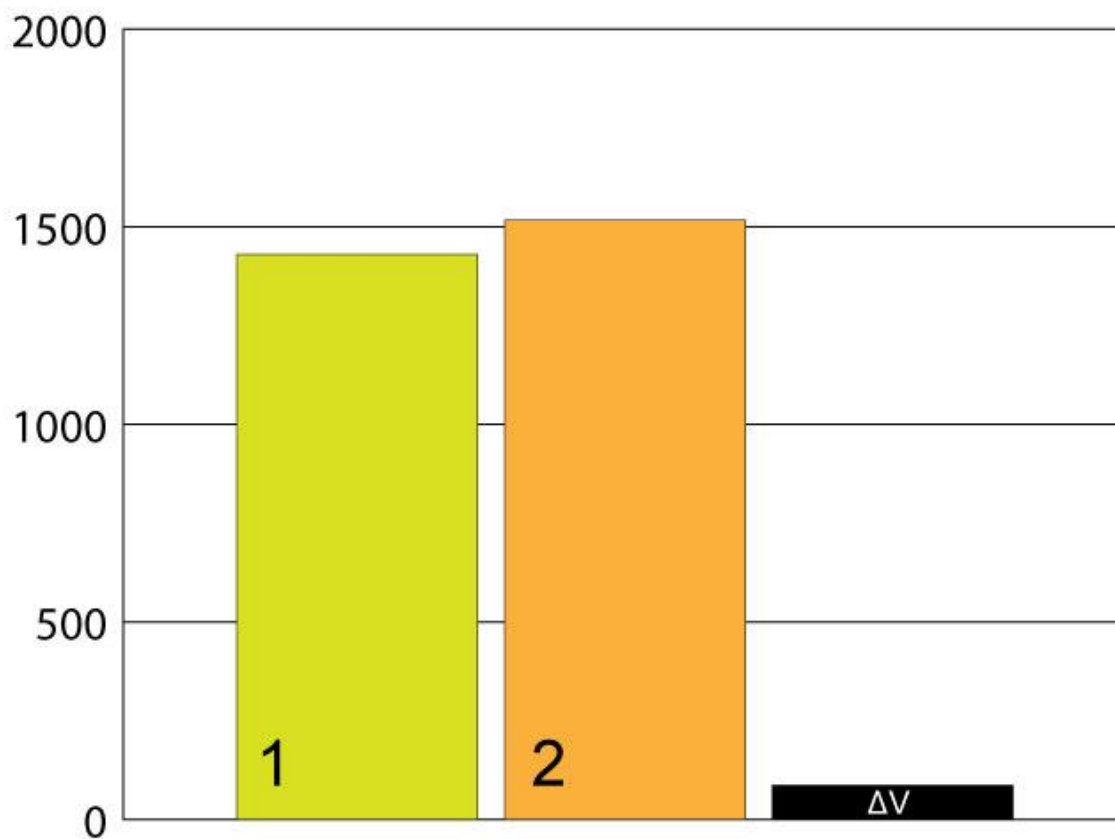
	Lijevo	Desno
1. HP Indigo 5500	(V=848,645)	(V=573,490)
2. Konica Minolta C450	(V=581,024)	(V=503,051)
3. Epson Stylus Photo R2400	(V=702,768)	(V=262,061)
4. Roland Versa UV LEC300	(V=813,414)	(V=733,640)



Slika 31. Usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta za papir „Agripina“ te „Magno Satin“ otisnutom na svim strojevima

Na prikazanom grafikonu(Slika 32.) vidi se međusobna usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta papira „Magno Satin“ pri otiskivanju tehnikama „Elektrofotografije“ i „Ink Jeta“ na svim strojevima. Prikazana je i razlika reprodukcija gamuta( $\Delta V$ ) između tih dviju tehnika. Pod sljedećim brojevima kategorizirani su:

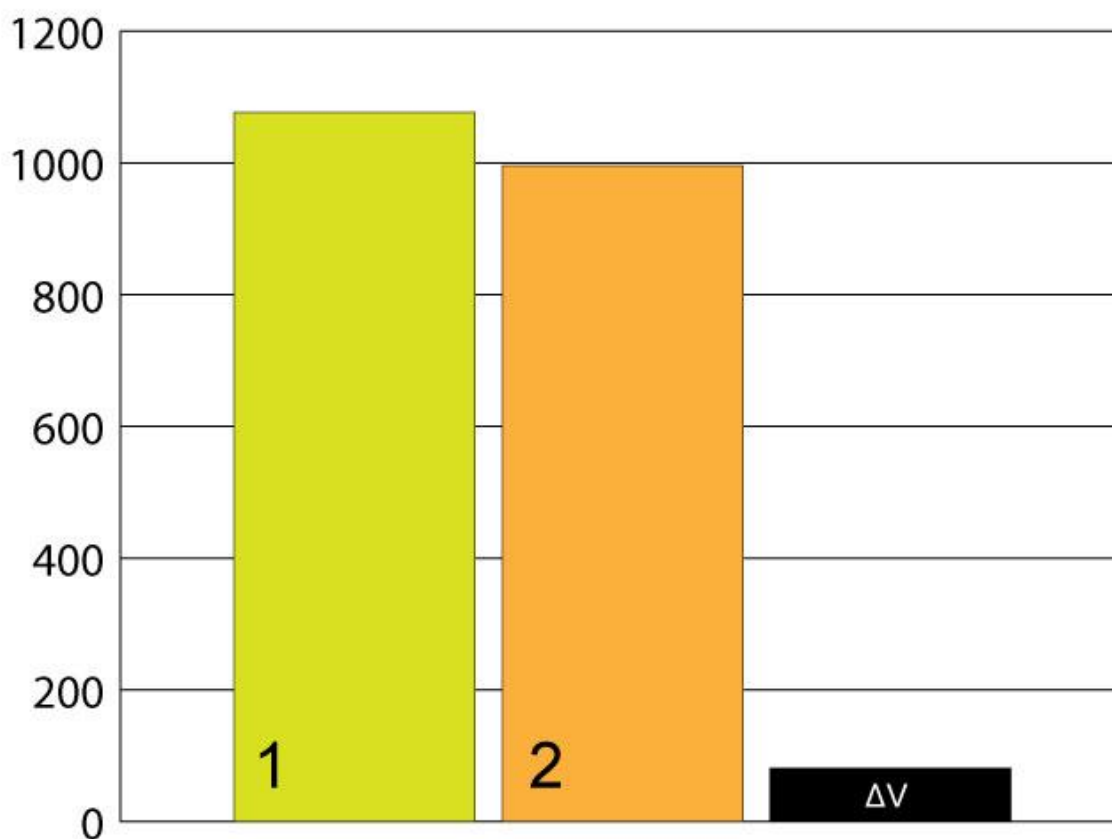
1. Magno Satin – Elektrofotografija (V=1429,669)
2. Magno Satin – Ink Jet (V=1516,182)  
( $\Delta V= 86,513$ )



Slika 32. Usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta papira „Magno Satin“ pri otiskivanju tehnikama „Elektrofotografije“ i „Ink Jeta“

Na prikazanom grafikonu(Slika 33.) vidi se međusobna usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta papira „Agripina“ pri otiskivanju tehnikama „Elektrofotografije“ i „Ink Jeta“ na svim strojevima. Prikazana je i razlika reprodukcija gamuta( $\Delta V$ ) između tih dviju tehnika. Pod sljedećim brojevima kategorizirani su:

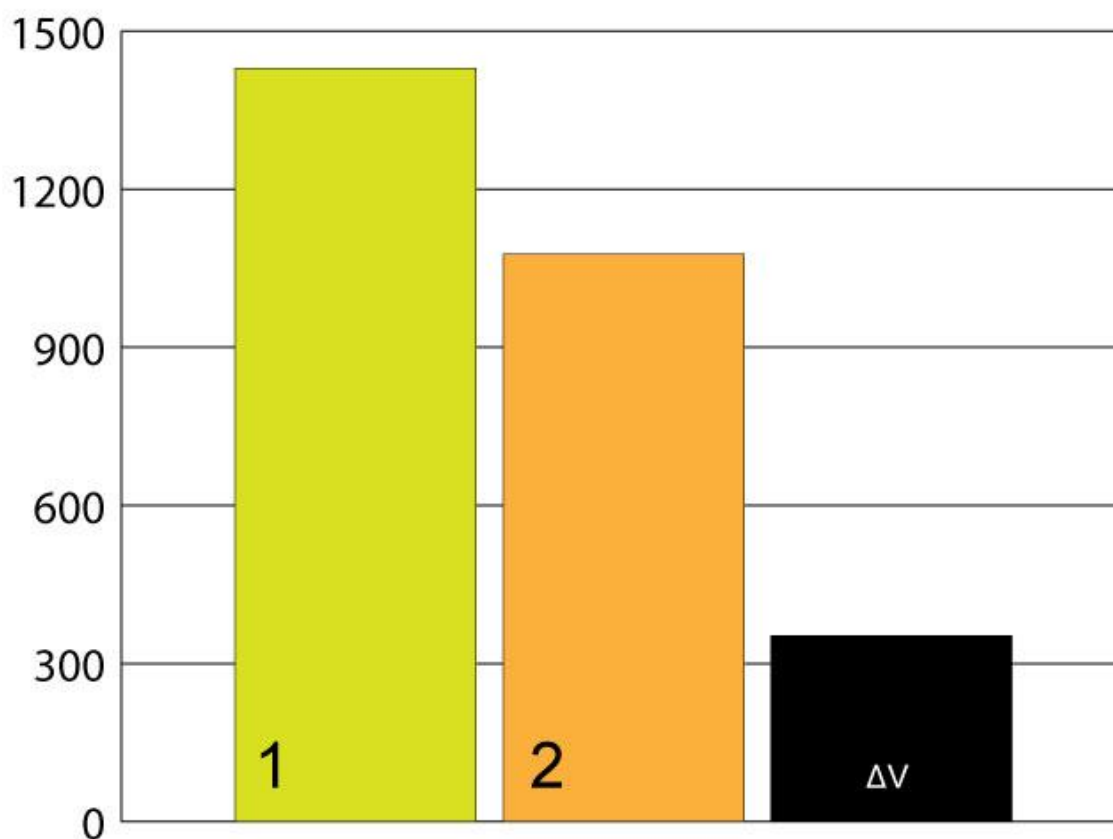
1. Agripina – Elektrofotografija (V=1076,521)
2. Agripina – Ink Jet (V=995,7010)  
( $\Delta V= 80,820$ )



Slika 33. Usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta papira „Agripina“ pri otiskivanju tehnikama „Elektrofotografije“ i „Ink Jeta“

Na prikazanom grafikonu(Slika 34.) vidi se međusobna usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta pri otiskivanju tehnikom „*Elektrofotografije*“ na papirima „*Magno Satin*“ i „*Agripina*“. Prikazana je i razlika reprodukcija gamuta( $\Delta V$ ) između tih dviju papira. Pod sljedećim brojevima kategorizirani su:

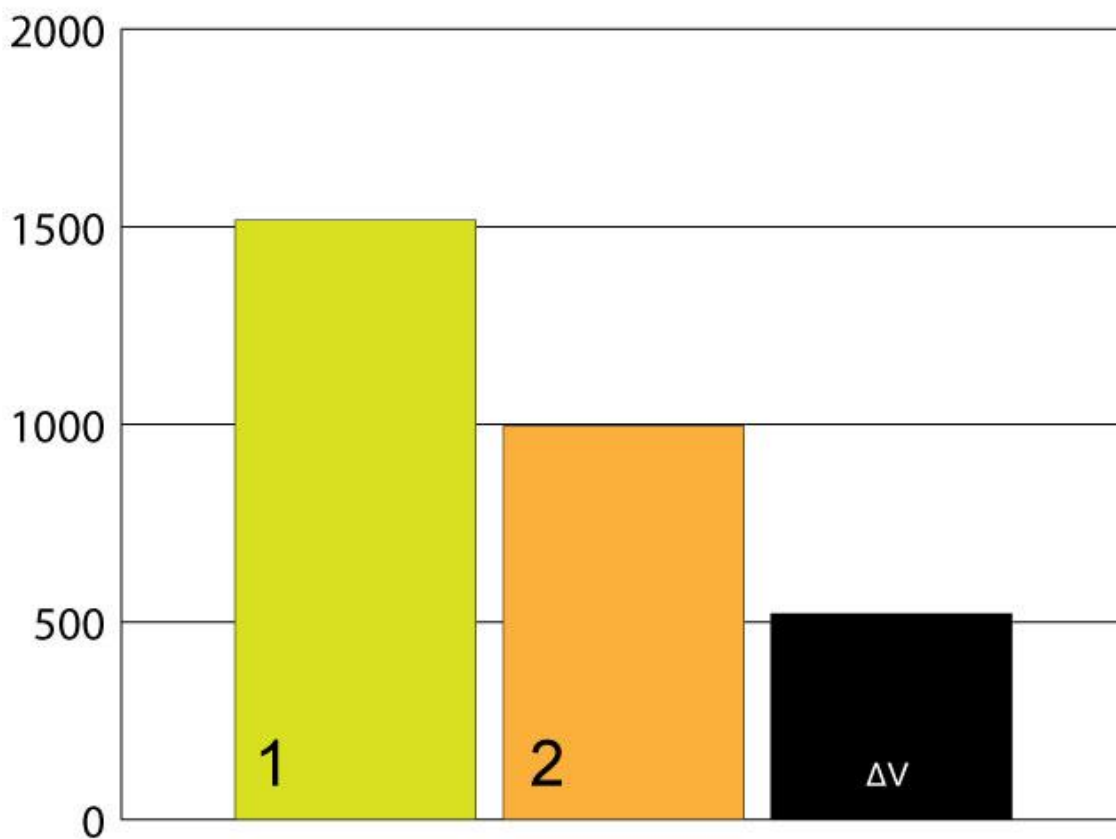
1. Elektrofotografija – Magno Satin (V=1429,669)
2. Elektrofotografija – Agripina (V=1076,521)  
( $\Delta V=353,148$ )



Slika 34. Usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta pri otiskivanju tehnikom „*Elektrofotografije*“ na papirima „*Magno Satin*“ i „*Agripina*“

Na prikazanom grafikonu(Slika 35.) vidi se međusobna usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta pri otiskivanju tehnikom „*Ink Jeta*“ na papirima „*Magno Satin*“ i „*Agripina*“. Prikazana je i razlika reprodukcija gamuta( $\Delta V$ ) između tih dviju papira. Pod sljedećim brojevima kategorizirani su:

1. Ink Jet – Magno Satin (V=1516,182)
2. Ink Jet – Agripina (V=995,7010)  
( $\Delta V=520,481$ )



Slika 35. Usporedba vrijednosti reprodukcije volumena gamuta pri otiskivanju tehnikom „*Ink Jeta*“ na papirima „*Magno Satin*“ i „*Agripina*“

### 3.3. DISKUSIJA

Rezultati istraživanja sastoje se od dva dijela. U prvom dijelu su prikazane reprodukcije gamuta u 2D i 3D presjecima prostornog volumena gdje su vrijednosti razlikovane crvenom i crnom bojom za pojedinu podlogu. Prostorni volumen gamuta prikazan je u ovisnosti sa svjetlinom ( $L^* = 80, 50, 20$ ). Drugi dio istraživanja prikazuje grafove vrijednosti reprodukcija gamuta kod kojih su u usporedbu stavljeni rezultati ovisni o tehnici tiskanja te podloge na kojoj su se polja gamuta otisnula.

Prvi dio je dokazao da vrijednosti volumena reprodukcije gamuta se mijenjaju ovisno o podlozi i tehnološkom aspektu stroja. Također, područja boja unutar spektra se mijenjaju ovisno o svjetlosti. U svim dijelovima istraživanja dominantna tiskovna papirna podloga bila je „*Magno Satin*“ koja ujedno ima dominaciju i pod svim svjetlinama.

Najbolje vrijednosti reprodukcije gamuta pokazao je „*Magno Satin*“ papir za otisak „*elektrofotografskim*“ strojem „*HP Indigo 5500*“, ali najbolje ukupne vrijednosti područja boja na obje papirna podloge, pri svim svjetlinama, ima „*Ink Jet*“ stroj „*Roland Versa UV LEC300*“.

Drugi dio istraživanja je pokazao više detaljnijih informacija vezanih za vrijednosti gamuta, te dao odgovor na zadane teze.

Kao što je rečeno u prvom dijelu istraživanja, najveću vrijednosti je imala „*Magno Satin*“ papirna podloga na „*elektrofotografskom*“ stroju „*HP Indigo 5500*“, što je ujedno i najbolja vrijednost gamuta za tu papirnu podlogu ( $V=848,645$ ). Najveću vrijednost za papirnu podlogu „*Agrippina*“ je otisnuta na „*Ink Jet*“ stroju „*Roland Versa UV LEC300*“ ( $V=733,640$ ).

Ukupnu najveću vrijednost gamuta za sve strojeve je imala tiskovna podloga „*Magno Satin*“ ( $V=2945,851$ ). Ukupnu najveću vrijednost gamuta je imao papir „*Magno Satin*“ na „*Ink Jet*“ strojevima ( $V=1516,182$ ), dok je papir „*Agrippina*“ imao najveću vrijednost na „*elektrofotografskim*“ strojevima ( $V=1076,521$ ).

Istraživanje je pokazalo da se vrijednosti gamuta mijenjaju ovisno o tehnološkom aspektu digitalnog stroja te o tiskovnoj podlozi na kojoj će se otisnuti. Ipak, ukupno gledajući najveće vrijednosti gamuta dobivaju se na premazanim podloga.



## 4. ZAKLJUČCI

Reprodukcija gamuta u tehnikama digitalnog tiska ovisi o više parametara. Oni moraju biti optimalno namješteni za tehnološki proces koji se provodi jer svaki od tih parametara daje svoj doprinos za krajnji proizvod.

Ovaj rad kao i istraživanje koje je u njemu sprovedeno, dalo je uvid kako pojedini strojevi iz digitalnog tiska imaju utjecaj na reprodukciju gamuta, te točne podatke iz kojih se vidi koji strojevi imaju veće ili manje utjecaje s obzirom na tiskovnu papirnu podlogu.

Ukupno najveće vrijednosti gamuta su dobivene pri kombinaciji premazane tiskovne papirne podloge i Ink Jet strojeva, no treba uzeti u obzir da je najveću pojedinačnu vrijednost gamuta imao elektrofotografski stroj, također na premazanoj tiskovnoj podlozi.

U istraživanju ovog diplomskog rada najveću vrijednost je imala „*Magno Satin*“ papirna podloga na „*elektrofotografskom*“ stroju „*HP Indigo 5500*“, što je ujedno i najbolja vrijednost gamuta za tu papirnu podlogu ( $V=848,645$ ). Najveću vrijednost za papirnu podlogu „*Agrippina*“ je otisnuta na „*Ink Jet*“ stroju „*Roland Versa UV LEC300*“ ( $V=733,640$ ).

Ukupnu najveću vrijednost gamuta za sve strojeve je imala tiskovna podloga „*Magno Satin*“ ( $V=2945,851$ ). Ukupnu najveću vrijednost gamuta je imao papir „*Magno Satin*“ na „*Ink Jet*“ strojevima ( $V=1516,182$ ), dok je papir „*Agrippina*“ imao najveću vrijednost na „*elektrofotografskim*“ strojevima ( $V=1076,521$ ).

U digitalnom tisku reprodukcija gamuta varira ovisno o CMS-u, tehnološkom aspektu koji stroj posjeduje te o tiskovnoj podlozi na kojoj se krajnji proizvod otiskuje. Za svaki proces koji je naveden treba posjedovati znanje te iskustvo s kojim se može adekvatno odrediti što se želi postići, te tako biti konkurentan u dobivanju krajnje kvalitetnog grafičkog proizvoda.

## 5. LITERATURA

1. Kipphan, H. „Handbook of Print Media“, Springer, Berlin, 2001.
2. Zjakić, I. „Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska“, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2007.
3. Majnarić, I. „Studija indirektno elektrografije“, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb, 2007.
4. Strgar Kurečić M. "Uvođenje CGRT testne karte boja za karakterizaciju digitalnog fotografskog sustava", Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb, 2007.
5. Mrvac, N., Friganović, I., Periša M., „Utjecaj profila zaslona računala na kvalitetu otisaka“, Stručni članak, 12. Savjetovanje o materijalima tehnologijama, trenju i trošenju, Vela Luka, 2007.
6. Golubović A.; Tiskarske podloge i tiskarske boje koje se koriste u digitalnom tisku, Zbornik radova 7. Znanstvenog stručnog simpozija hrvatskih grafičara "Blaž Baromić", Z.(Ed) Bolanča, Senj, 11 – 20, 2003.
7. James C. King, Adobe Systems Incorporated, „Why color management“, <http://www.color.org/whycolormanagement.pdf>, 03/01/2012.
8. Adobe Acrobat, Uputva za Adobe Acrobat Pro, [http://help.adobe.com/hr\\_HR/acrobat/standard/using/index.html](http://help.adobe.com/hr_HR/acrobat/standard/using/index.html), 20/12/2011.
9. Foto Mag, Recens Studio d.o.o., Color Management, [http://fotomag.net/?page\\_id=112](http://fotomag.net/?page_id=112), 28/12/2011.

10. All about printing technologies, Modo Papers,  
[http://www.modopapers.com/en/index.php?content\\_ID=12&script=true&fladetect=0](http://www.modopapers.com/en/index.php?content_ID=12&script=true&fladetect=0),  
05/01/2012.
11. Heidelberg, [www.heidelberg.com/](http://www.heidelberg.com/), 03/01/2012.
12. Proofing Papers,  
[http://www.proofingpaper.com/What\\_is\\_the\\_Difference\\_Between\\_Matte.php](http://www.proofingpaper.com/What_is_the_Difference_Between_Matte.php),  
07/01/2012.
13. Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_management](http://en.wikipedia.org/wiki/Color_management), 08/01/2012.
14. International Color Consortium, <http://www.color.org/index.xalter>, 03/01/2012.
15. Lyons I., „Adobe Photoshop CS2 Color management“, [http://www.computer-darkroom.com/ps9\\_colour/ps9\\_1.htm](http://www.computer-darkroom.com/ps9_colour/ps9_1.htm), 12/01/2012.
16. Konica Minolta C450 Specification & Instalation Guide,  
[http://participant.mykonicaminolta.com/salesattachments/mktgadvdocs/bizhub\\_C450\\_Spec\\_and\\_Install\\_V3.pdf](http://participant.mykonicaminolta.com/salesattachments/mktgadvdocs/bizhub_C450_Spec_and_Install_V3.pdf), 20/12/2011.
17. Roland, Versa UV LEC, <http://www.rolanddga.com/products/printcut/lec300/>,  
20/12/2011.
18. HP Indigo press 5500 Manual,  
[http://h10010.www1.hp.com/wwpc/pscmisc/vac/us/product\\_pdfs/US\\_5500\\_Bro.pdf](http://h10010.www1.hp.com/wwpc/pscmisc/vac/us/product_pdfs/US_5500_Bro.pdf),  
20/12/2011.
19. Epson Stylus Photo R2400 manual,  
[http://files.support.epson.com/pdf/r2400\\_/r2400\\_uq.pdf](http://files.support.epson.com/pdf/r2400_/r2400_uq.pdf), 20/12/2011.
20. ED PAPIR d.o.o., <http://www.ed-papir.hr/proizvodi.html>, 21/12/2011.