

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

---

**KORELACIJA TEORETSKIH POSTAVKI  
I PRODUKTIVNOG INKJET TISKA**

**Magistarski rad**

Mentor rada: Red.prof.dr.sc. Stanislav Bolanča

Kandidat: Nikolče Jonovski

Zagreb, 2011.

Magistarski rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ na Grafičkom fakultetu u Zagrebu, pred povjerenstvom u sastavu:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

Rad ima 111 listova.

Sadrži 22 slike, 6 tablica i 3 priloga.

UDK: \_\_\_\_\_

## **PREDGOVOR**

Pojam probni otisak (proof) svakodnevno je izložen pogrešnom tumačenju i uporabi sa strane negrafičara, pa čak i grafičara koji se bave grafičkom djelatnošću. Što više, svaki digitalni kolor otisak napravljen čak i na naravnom papiru, u praksi može biti lako prenamijenjen u probni, bez obzira na posljedice koje slijede. Po čemu se razlikuje probni otisak od visokokvalitetnog s jedne, a po čemu od prosječnog otiska s druge strane?

Veliki je broj kancelarijskih (pogotovo inkjet) kolor printera koji su, bar prema specifikacijama njihovih proizvođača, »prikladni za proofing«. Zašto se onda brojni autori koji se bave ovom problematikom zalažu za ozbiljan pristup ovom pitanju i konstantno ulaganje u (inkjet) proofing?

U ovom sam magistarskom radu namjeravao odgovoriti na navedena pitanja, doprinjeti u razrješavanju dilema koje iz njih proizlaze i nadam se da sam uspio u tome.

## SAŽETAK

Ovo je istraživanje usmjereno prema opravdanosti široke, ali i prevencije prekomjerne i nepravilne primjene inkjet tehnologije na polju digitalnog proofinga. Cilj je istraživanja utvrditi postoje li razlike između najkvalitetnijeg i probnog otiska – proofa napravljenima na istom inkjet printeru.

Za potrebe ovoga istraživanja razvijena je posebna \*.pdf datoteka za reprodukciju koja je tiskana na 16 različitih tipova inkjet printera. Pored ostalih elemenata, datoteka za reprodukciju sadrži i kontrolni strip. Tiskano je od istog softvera i uglavnom na istom tipu (matte) papiru. Izuzetak je napravljen samo prilikom tiskanja na jedinom kalibriranom printeru među odabranima, kada je korišten specijalni semimatte papir za izradu probnog otiska.

Denzitometrom je mjereno po 5 otisaka od svakog pojedinačnog printera. Svi prikazani rezultati mjerenja denzitometrom predstavljaju srijedne vrijednosti onih vrijednosti dobivenih iz pet neovisnih mjerenja.

Kod otisaka printera praćeni su slijedeći parametri: gustoće obojenja, prirast RTV i relativni tiskovni kontrast za svaku od procesnih boja; trapping, balans sivog, simulirano zlato, K100 u odnosu na kompozitnu crnu boju, kao i čitljivost barkodova otisaka. Također, provedena su i dva upitnika i to za vizualno ocjenjivanje kvalitete otisaka (kod 20 ispitanika od kojih 10 grafičara i 10 negrafičara), kao i za specifičnosti prilikom korištenja printera (kod operatera printera u kompanijama u kojima su napravljeni otisci).

Rezultati mjerenja ukazuju na činjenicu da probni otisak, prema svom izgledu i specifikama, očito i značajno se razlikuje od prosječnog, ali i od visokokvalitetnog inkjet otiska; prema anketiranih grafičara i negrafičara probni je otisak nešto između dva ostala. To samo potvrđuje iznešenu konstataciju. Dvije su skupine ispitanika bile neočekivano bliske, a za određene printere čak i izjednačene u vrednovanju otisaka prema njihovoj kvaliteti.

Iz dosad rečenog, slijedi zaključak da svaki inkjet otisak nije i ne smije biti tretiran tj. korišten kao probni u praksi.

*Ključne riječi:* Inkjet tehnologija; Printer, otisak; Proofing, proof.

## SUMMARY

This research is directed not only into validity of wide, but also into prevention from inappropriate usage of the inkjet technology in the field of digital proofing. Its aim is to determine whether there are differences between the most quality print and proof, made from the same inkjet printer.

For the research needs' a special \*.pdf file for reproduction is developed and later printed on 16 different inkjet printers. Among other elements, the file for reproduction also contains control strip. It is printed from the same software and mostly on the same type of matte paper. Printing on the unique calibrated printer among selected ones is an exception because of special semimatte proofing paper used.

Five prints of each printer are measured with densitometer. All shown results from the measurements with densitometer represent averages from the measures made in the five independent measurements.

The prints are reviewed within the following parameters: densities, dot gain and relative printing contrast for each process colour; trapping, gray balance, simulated gold, K100 opposite composite black colour and readability of the bar codes. Two questionnaires were realized: for visual assessment of the quality of the prints (20 examined people, 10 of them with and 10 people without any experience in printing industry), and the specifics in printers' usage (on the printers' operators in the companies where the prints are made).

The results of the measurements are pointing out the fact that the proof, by its appearance and specifics, differs a lot not only from the average, but from the high quality inkjet print as well; according to all the examined people, the proof is something between them. This confirms the above statement. Both groups of examined people were incredibly close, and for certain printers almost even in assessing the proofs according to their quality.

So, we could conclude that every inkjet print is not and can not be treated i.e. used as proof in practice.

*Key words:* Inkjet technology; Printer, print; Proofing, proof.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Inkjet tehnologija i temeljne značajke.....	1
1.2. Inkjet tehnike.....	4
1.2.1. Kontinuirani piezzo inkjet.....	5
1.2.2. Diskontinuirani inkjet.....	7
1.2.2.1. Piezoelektrični inkjet.....	7
1.2.2.2. Termički inkjet.....	8
1.2.2.3. Elektrostatski inkjet.....	10
1.3. Inkjet boje.....	15
1.3.1. Tinte u odnosu na pigmentne boje.....	18
1.3.2. Krute boje.....	23
1.4. Vrste papira za inkjet tisak i njihovi mogući nedostaci.....	24
1.4.1. Naravni papiri.....	25
1.4.2. Premazani papiri.....	27
1.4.3. Bijele točke otiska i razlozi njihovog pojavljivanja.....	30
1.5. Originalne i neoriginalne inkjet boje i papiri: trajnost otiska.....	33
1.6. Probni otisak i vrste probnih otisaka.....	35
1.7. Primjena inkjet tehnologije za izradu probnih otisaka.....	38
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	42
2.1. Problem.....	42
3. MATERIJAL I METODE.....	43
3.1. Datoteka za reprodukciju.....	44
3.2. Printeri.....	44
3.3. Papiri.....	47
3.4. Metode rada.....	48
3.5. Postupak.....	52
3.6. Statistička obrada podataka.....	53
4. REZULTATI.....	54
4.1. Gustoća obojenja procesnih boja otisaka.....	54
4.2. Prirast RTV procesnih boja otisaka.....	62
4.3. Rezultati mjerenja trappinga.....	64
4.4. Rezultati praćenja balansa sivog.....	65
4.5. Rezultati mjerenja simuliranog zlata.....	67
4.6. Rezultati praćenja relativnog tiskovnog kontrasta.....	68
4.7. K100 u odnosu na kompozitnu (mješanu) C100 M100 Y100 crnu boju.....	70
4.8. Čitljivost barkoda otisaka.....	71
4.9. Rezultati upitnika za vizualno ocjenjivanje kvalitete otisaka.....	72
4.10. Rezultati upitnika za specifičnosti korištenja printera.....	75
5. RASPRAVA.....	77
6. ZAKLJUČCI.....	80
7. LITERATURA.....	81

POPIS KRATICA.....	84
PRILOZI .....	85
1. Otisci izabranih inkjet printera .....	86
2. Upitnik za vizualno ocjenjivanje kvalite otisaka kod grafičara i negrafičara.....	101
3. Upitnik za specifičnosti korištenja printera .....	102
ŽIVOTOPIS.....	103

## **1. UVOD**

### **1.1. Inkjet tehnologija i temeljne značajke**

Tijekom zadnjeg desetljeća inkjet printeri su se transformirali iz kancelarijskih pomagala sa slabim kvalitetom otiska u digitalne »radne konje« za proofing\*. Sve manje kapljice, veće rezolucije, bolje boje ali i poboljšani kolor menadžment doprinjeli su znatnom povećanju kvalitete otiska. Navedena poboljšanja skupa s niskim cjenama potrošnih materijala učinili su inkjet proofove popularnima čak i kod najsitničavijih korisnika usluga (16).

[\*Proofing – izrada probnog otiska (proofa) na sustavu (prooferu) posebno prilagođenim za tu primjenu]

Primjenom inkjet tehnologije dobivaju se otisci izvrsne kvalitete na velikom broju podloga za tiskanje za različitu primjenu. Inkjet tehnologija je u kratkom vremenskom razdoblju postala pravi izbor za ugovorni proofing (contract proofing). Proizvođači inkjet printera procjenjuju da udio inkjet tehnologije na tržištu probnih otisaka iznosi više od 50% te da još uvijek bilježi rast. Brza produktivnost predstavlja još jednu prednost modernog inkjet proofinga (27).

Konstantno povećanje kvalitete i značajno smanjenje cijene ugovornog probnog otiska (1/10 od cijene većine probnih otisaka dobivenih analognim putem) omogućavaju inkjet tehnologiji mogućnost osvajanja velikog broja tiskara i njihovih kupaca.

Za postizanje najviše razine kvalitete probnog otiska napravljenim primjenom inkjet tehnologije potrebno je napraviti pravu kombinaciju opreme, softvera i potrošnih materijala koji su kompatibilni s opremom pogona za tiskanje (21).



Moderni inkjet prooferi, najčešće odobreni od SWOP-a (Specifications for Web Offset Publications) i kalibrirani po Pantone-u omogućavaju komercijalnim tiskarima značajnu prednost u pogledu cijene otiska i brzine promjene radnih zadataka (27).

Sve do nedavno, sve kompanije koje su kupovale inkjet printere za grafičku uporabu, obvezno su tražile i kompatibilni RIP (Raster Image Processor) dostupan kompjuteru koji podržava ili je u sklopu samog printera. Korištenje postojećeg RIP-a imagesettera ili platesettera kod novokupljenog inkjet printera, smanjuje troškove. Neki proizvođači opreme za grafičku pripremu i tiskanje, kao dio paketa nude i usluge za kolor menadžment kada se određeni inkjet printer aktivira u njihovim procesnim sustavima (17). Razvojem kolor menadžmenta, konstantno se povećava broj softverskih paketa s čijom se primjenom mogu napraviti ICC (International Color Consortium) profili. To značajno otežava izbor najboljeg softverskog paketa. Kompanije koje izrađuju softver ne rade po istim standardima, pa zbog toga većina korisnika nisu u mogućnosti neovisno ocjeniti kvalitetu profila (31).

Inkjet digitalne tiskarske solucije do sada su se pokazale uspješnima kod tiskanja malih naklada i »tiskanje na zahtjev« aplikacija, ali tržište, nakon više od desetljeća ukazivanja od proizvođača i kritičara, konačno je shvatilo da je digitalno, po definiciji, jednostavan način obavljanja posla.

Pored proofinga, inkjet se tehnologija koristi i za kolor tiskanje bez primjene tlaka varijabilnih podataka kod etiketa i ambalaže (na pr. lista sastojaka pakiranog proizvoda, različite marketinške poruke, višejezična ambalaža i sl.). Inkjet se tehnologija koristi čak i za direktno tiskanje prehrambenih proizvoda, dakako u kombinaciji s posebnim bojama, čiji su koloranti jestivi (na pr. kolačić sa logom) (14). Na tržištu su dostupni i posebni platesetteri koji koriste inkjet tehnologiju za izradu tiskovnih formi (10,27). Danas proizvođači nude i multifunkcionalne inkjet printere na velike formate i za više primjena (7).

Navedeno ukazuje na sve širu primjenu inkjet tehnologije na tržištu.

Slijedom do sada navedenog, nameće se pitanje: Da li kompanije koje nude tiskarske usluge imaju volju promjeniti ili dopuniti tiskarske procese koje koriste, s novima? Većina njih su desetljećima koristili istu opremu i iste tiskarske tehnologije te, nažalost, ostaju »slijepi i gluhi« za nove tehnologije. Navedena činjenica predstavlja pravi izazov za one koji vjeruju u inkjet tehnologiju (14).

Konstantno poboljšanje cijene i performansa inkjet printera dovelo je do njihove sve masovnije migracije u svim digitalnim radnim procesima. Za svakog od različitih tipova inkjet printera postoji ogroman izbor rezolucija tiskanja, kompleta boja i veličine podloga koje omogućavaju kvalitetno izvršenje tiskarskog posla (17).

## 1.2. Inkjet tehnike

Inkjet tehnologija razvija se u dva osnovna pravca i to:

- kontinuirani inkjet i
- diskontinuirani, »kapljica na zahtjev« inkjet.

Za kontinuirani inkjet tehnologiju razvijeni su:

- sustavi sa jednom štrcaljkom, jednostruki sustavi koji se koriste za in-line kodiranje, numeriranje i adresiranje određenih grafičkih proizvoda;
- sustavi sa više štrcaljka, višestruki sustavi koji su za razliku od onih sa jednom štrcaljkom, karakterizirani jednostavnijom manipulacijom kapljicama boje te širom primjenom i
- Hertz sustavi sa iznimno malim štrcaljkama iz kojih se istiskuju izuzetno male kapljice boje; njihova je prednost visoka kvaliteta otiska, a nedostaci sklonost začepljenju štrcaljka i sporo tiskanje.

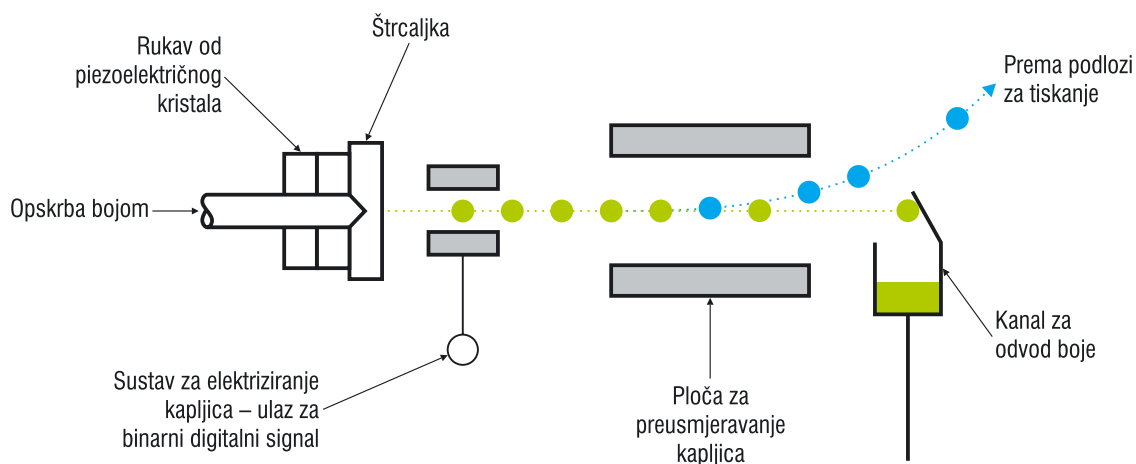
Za diskontinuiranu inkjet tehnologiju razvijeni su:

- ventilni sustavi kod kojih se boja istiskuje iz štrcaljka pod tlakom onda kada se prethodno zatvoreni mikroventili otvore djelovanjem digitalnog signala; ovi sustavi imaju 7-9 štrcaljki raspoređenih u vertikalnom položaju, jedna na drugu;
- piezoelektrični sustavi;
- termički sustavi i
- elektrostatski sustavi.

### 1.2.1. Kontinuirani piezzo inkjet

U kontinuiranim piezzo inkjet sustavima koriste se male štrcaljke iz kojih je moguće izbijanje i do jedan milion kapljica boja u jednoj sekundi. Kapljice se elektriziraju selektivno – dio njih upućuje se prema podlozi za tiskanje, a preostale kapljice cirkuliraju kroz sustav sve dok ne budu bile iskorištene za tiskanje (27).

Potreba za višom rezolucijom, većom produktivnošću i jednostavnijim funkcioniranjem dovela je do razvoja posebne skupine kontinuiranih inkjet sustava tzv. binarnih. Jedan takav sustav prikazan je na slici 1 u nastavku.



Slika 1. Binarni kontinuirani piezzo inkjet

U ovom sustavu zastupljen je princip piezoelektričnog generiranja kapljica u štrcaljki. Visokofrekventne kontrakcije rukava piezoelektričnog kristala razbijaju mlaz boje na pojedine kapljice. Elektriziranje kapljica koje izlaze iz štrcaljke može biti »uključeno« ili »isključeno« – binarni digitalni signal omogućava elektriziranje samo onih kapljica koje su potrebne za sliku. Prema tome, svaka pojedinačna kapljica može se gibati samo jednim od oba pravca koja ima na raspolaganju. Posredstvom ploča za preusmjeravanje, naelektrizirane kapljice upućuju se prema podlozi za tiskanje, a ostale (nenaelektrizirane) kapljice prema kanalu za odvod boje. Neiskorištena boja postojano cirkulira kroz sustav

(26). Postoje i takvi binarni sustavi kod kojih se elektriziraju i preusmjeravaju samo kapljice nepotrebne za sliku (8).

Kod najstarijih i najčešće primjenjivanih kontinuiranih inkjet sustava kapljice boje potrebne za sliku različito se elektriziraju na račun digitalnog signala. Stupanj elektriziranosti kapljice određuje lokalizaciju iste na podlozi za tiskanje na kojoj će biti smještena kapljica nakon preusmjeravanja (26). Svaka kapljica može biti na jednu od ukupno 32 razina elektriziranosti. Kapljica na nultoj razini elektriziranosti ne usmjerava se prema podlozi, dok kapljica na 32. razini ostvaruje najveći otklon na podlozi za tiskanje. Putujući horizontalno, tiskarska glava istiskuje kapljice boje vertikalno (jednu iznad druge) na podlogu za tiskanje. Nenaelektrizirane tj. neiskorištene kapljice boje cirkuliraju kroz sustav. Složeno adresiranje kapljica na podlogu čini ove sustave ranjivima na promjene temperature i vlage zraka u prostorijama u kojima se koriste (26).

Važna prednost binarnih u odnosu na stariji kontinuirani inkjet sustav je jednostavnost preusmjeravanja kapljica boje. Kod binarnih sustava koristi se određeni broj individualnih štrcaljka koji rade skladno prilikom oblikovanja slike. Ovi sustavi generiraju oko 100 000 kapljica u sekundi kroz otvora štrcaljki s dijametrom manjim od 0,05mm što rezultira rezolucijama od oko 200ppi (pixels per inch) tj. 7,8 piksela/milimetru.

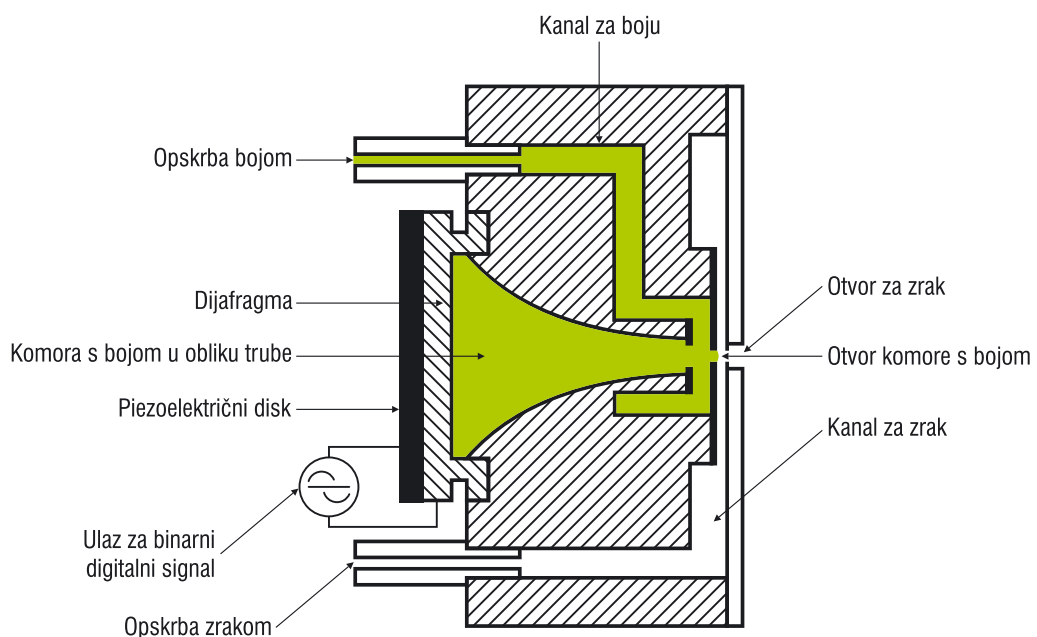
Kontinuirana inkjet tehnologija karakterizirana je ograničenom rezolucijom. Prvi kontinuirani sustavi tiskali su na rezoluciji od 72dpi (dots per inch). Kod binarnih kontinuiranih sustava skupa su se koristila dva reda malih štrcaljka kako bi se postigla rezolucija od 120dpi, koja je kasnije prešla u 240dpi (28).

### 1.2.2. Diskontinuirani inkjet

Za razliku od kontinuiranih inkjet sustava kod kojih se kapljice boje konstantno izbijaju iz štrcaljka, kod diskontinuiranih (»kapljica na zahtjev«) sustava, kapljice se izbijaju po potrebi tj. izbijaju se samo kapljice potrebne za oblikovanje slike na podlozi za tiskanje (27). Postojeći diskontinuirani sustavi razlikuju se prema načinu istiskivanja kapljica boje iz štrcaljka.

#### 1.2.2.1. Piezoelektrični inkjet

Kod kontinuiranih inkjet sustava više od polovica kapljica boje iz kontinuiranog mlaza koji se istiskuje iz štrcaljke konstantno cirkuliraju zbog toga što se za oblikovanje slike koristi samo jedan mali broj generiranih kapljica. Zbog potrebe za stalnim elektriziranjem, preusmjeravanjem i cirkuliranjem kapljica boja kod kontinuiranih inkjet sustava, razvijeni su diskontinuirani inkjet printeri. Boje razvijene za »kapljica na zahtjev« sustave, za razliku od onih kod kontinuiranih sustava, imaju jednostavniji sastav i specifične kemijske karakteristike te nisu prilagođene za dugotrajnu cirkulaciju (27).



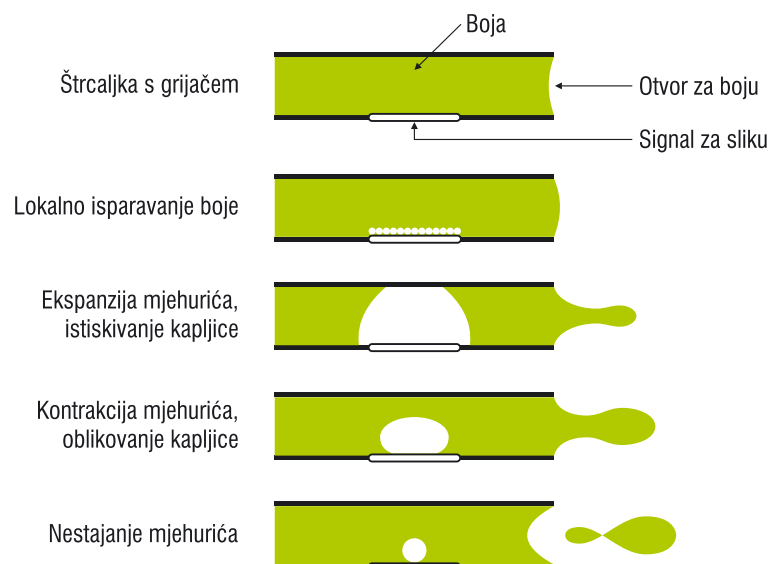
Slika 2. Piezoelektrični diskontinuirani inkjet

Kod piezoelektričnog diskontinuiranog sustava prikazanim na slici 2, pulsirajući piezoelektrični kristal smješten je u stražnjem djelu štrcaljke. Povremeni pokreti kristala izazivaju izbacivanje kapljica boje iz štrcaljke onda kada se treba otisnuti element slike (8,27). Zračna komora koja okružuje otvor štrcaljke poboljšava brzinu i kontrolu generiranja kapljica. Ona je zastupljena samo kod jednog malog broja piezoelektričnih inkjet sustava. Otisak se dobiva kombinacijom rotacionog gibanja cilindra koji nosi podlogu za tiskanje i pravolinijskog gibanja tiskarske glave printera. Sustav prikazan na slici može generirati i do 20 000 kapljica u sekundi i osigurava rezolucije reda 200ppi (7,8 pikseli/mm).

Kod piezo sustava kristal smješten u komori širi se djelovanjem električnog impulsa prilikom čega mehaničkim putem istiskuju boju. To omogućava bolju kontrolu u isporuci boje i u oblikovanju većih i manjih kapljica za kontrolu skale sivog. Piezo tiskarska glava određuje vijek trajanja printera – koliko traje glava, toliko traje i printer (27).

#### *1.2.2.2. Termički inkjet*

Kod termičkih inkjet printera signal za sliku električnim se putem dovodi u veliku blizinu otvoru štrcaljke tj. mjesta gdje se oblikuje mjehurić, što predstavlja njihova osnovna prednost u odnosu na piezoelektrične sustave. Kod piezoelektričnih sustava, akustični valovi u relativno dugoj štrcaljki koji su potrebni za generiranje kapljice odgovorni su za određene nedosljednosti, pogotovo one povezane s variranjem temperature. To nije slučaj s termičkim sustavima zbog toga što se signal do grijaćih elemenata štrcaljka prenosi električnim putem. Kod njih se kapljice boje oblikuju primjenom lokaliziranih, kratkotrajnih i precizno tempiranih impulsa toplinske energije. Takav »kapljica na zahtjev« proces poznat još i kao bubble jet prikazan je na slici 3 (27).



Slika 3. Oblikovanje kapi boje kod termičkog inkjeta

Temeljni element svakog termičkog sustava je štrcaljka s malim električnim otpornikom ugrađenim u njezinoj stjenici. Toplina koja se generira kada električni impuls za sliku prolazi kroz otpornik izaziva lokalno isparavanje boje i oblikovanje kapljice. Tlak koji se javlja na račun impulsa omogućava istiskivanje kapljice nakon čega nestaje mjehurić, jer se boja ponovo vraća u tekuće agregatno stanje (8,27).

Termički je proces karakteriziran manjom postojanošću veličine i smjera gibanja kapljica boje – dva odlučujuća čimbenika za kvalitetu otiska. Upravo to čini ovaj proces manje kontroliranim nego piezo proces (27). Zbog toga rasterske točke otiska termičkog inkjeta nemaju isti oblik (30). Termičke tiskarske glave troše se tijekom vremena najviše zbog začepjenja štrcaljki (27).

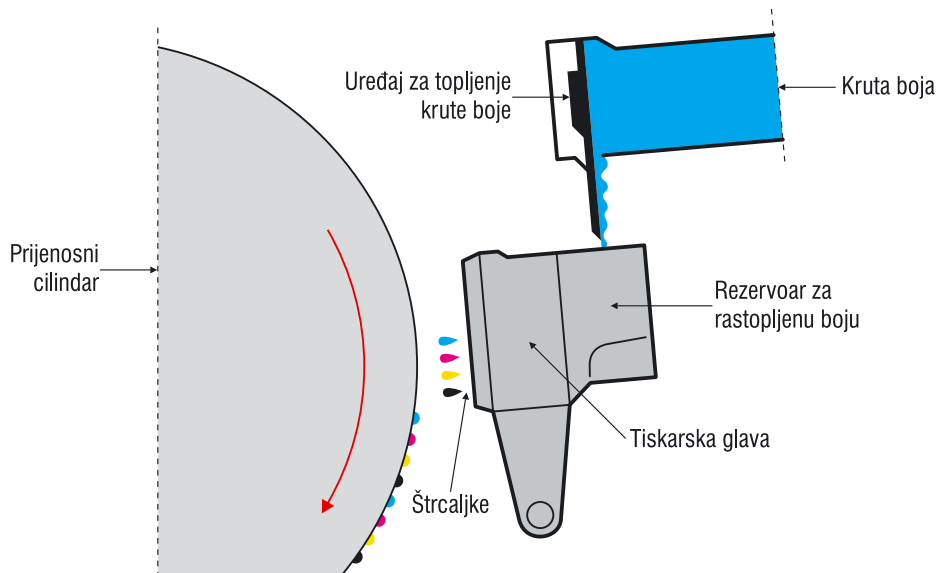
Kod određenog broja desktop printera za kućnu uporabu glave se mijenjaju promjenom svakog rezervoara s bojom. Kod profesionalnih proofera glave su odvojene od rezervoara s bojom, a potrebno ih je povremeno mijenjati (27).



### 1.2.2.3. Elektrostatski inkjet

Pojam tiskarska boja obično asocira na tekućinu. Ali postoji i tiskarska tehnologija koja koristi krute boje koje se još nazivaju i hot melt boje.

Kruta se boja nalazi u čvrstom agregatnom stanju na normalnoj sobnoj temperaturi. Ali u inkjet printeru ista se topi i pretvara u tekućinu koja se može prskati isto kao i svaka druga tekuća boja kroz piezoelektričnu glavu. Nema potrebe za dodatno sušenje otopljene boje i to je najveća prednost hot melt u odnosu na boje na bazi vode. Umjesto sušenja, otopljena se boja skoro momentalno ukrućuje na hladnoj podlozi koja se tiska. Takvo bojilo ne može se osušiti u štrcaljkama glave printera, za razliku od boja na bazi vode koje su tome sklone. Za razliku od tekućih, krute boje ne prodiru u papiru. Kruta boja ostaje na granici s površinom papira što rezultira jasnijim, živopisnijim bojama i većim kolor gamutom.



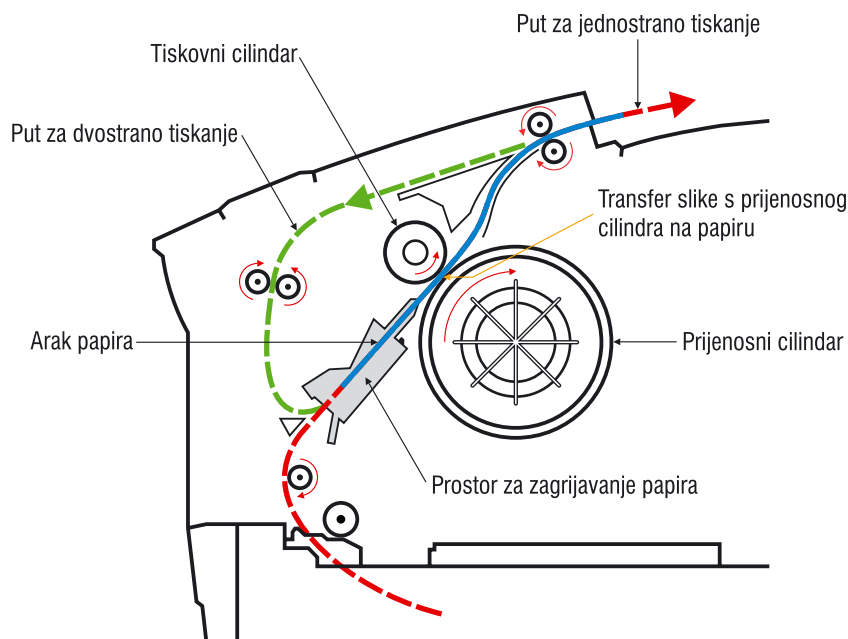
Slika 4. Transformacija boje i njezino nanošenje na prienosni cilindar kod hot melt inkjet tehnologije

Elektrostatski inkjet može biti indirektna tehnika tiskanja. Ostvarivanjem aksijalnog gibanja, glava radi brzo i precizno prska cjelu sliku na rotirajući cilindar (slika 4). Nakon nanošenja na njegovu površinu, slika se prenosi sa cilindra na papir. Međutim, primjena indirektnog tiskarskog procesa rezultira s nekoliko ograničenja u pogledu boje koja mora:

- biti kruta na sobnoj temperaturi;
- biti isključivo čista i imati mali viskozitet kada se nalazi u otopljenom stanju da bi se mogla lako prskati kroz malih otvora tiskarske glave;
- lijepiti se brzo na površini cilindra i ostati na svom mjestu prilikom brzog rotiranja istog;
- prenositi se lagano i potpuno sa cilindra na papir.

Anodizirani aluminijski cilindar je srce printera. Tiskarska glava s velikim brojem otvora i širine koliko i sam cilindar služi za precizno nanošenje kapljica boje na njegovoj površini. Kapljica boje generira piezoelektrična tiskarska glava izrađena od nehrđajućeg čelika. Otvori na tiskarskoj glavi grupirani su u većem broju međusobno udaljenih kolona. Svaka se kolona otvora sastoji od po četiri štrcaljke i to za cijan, magentu, žutu i crnu boju. Kolone otvora podređene su jedna do druge i na jednakim udaljenostima. Svakim okretom cilindra svaka kolona s četiri štrcaljke tiska željenu kombinaciju kapljica cijana, magente, žute i crne boje na svakom pikselu crte preko koje prolazi. Sve kolone sa po četiri štrcaljke tiskaju istovremeno, prilikom čega oblikuju paralelne putove kapljica boje po dužini cilindra. Za svaku djelimičnu rotaciju prijenosnog cilindra, glava tiska novi skup kapljica paralelan s prethodnim. Nakon svake djelomične rotacije prijenosnog cilindra, tiskarska se glava pomiče za jedan korak na suprotnoj strani s ciljem potpunog prijenosa slike na cilindar. Ukupno lateralno kretanje tiskarske glave tijekom procesa tiskanja je beznačajno i ovisi o udaljenosti između kolona sa po četiri štrcaljke. Ovisno o traženoj kvaliteti otiska, cilindar ostvaruje oko osam punih rotacija prilikom procesa generiranja slike i još jednu dopunsku punu rotaciju za prijenos slike na papiru i istovremeno čišćenje cilindra i pripreme njegove površine za prijem slijedeće slike. Visoka kvaliteta otiska javlja se kao rezultat čvrstoće štrcaljke za boje i metode

isprepletenosti koja se koristi za generiranje svake skupine paralelnih crta na površini cilindra.



Slika 5. Tiskanje kod hot melt inkjet tehnologije

Proces tiskanja obuhvaća tri koraka opisanih u nastavku (slika 5).

1. Uređaj za održavanje prijenosnog cilindra čisti površinu cilindra od zaostale boje prethodnog otiskivanja i nanosi jako tanak sloj silikonskog ulja na čistoj anodiziranoj površini aluminijskog prijenosnog cilindra.
2. Ravnomjerno ugrijana tiskarska glava na temperaturi od  $135^{\circ}\text{C}$  precizno prska mikroskopske kapljice otopljene boje na rotirajući prijenosni cilindar, koji se održava na srednjoj temperaturi od  $65^{\circ}\text{C}$ . Kapljice boje koje se nanose na prijenosni cilindar premazanim uljem, skoro trenutno prelaze od otopljenog tekućeg u rastezljivo polučvrsto stanje.
3. Papir najprije prolazi kroz prostor za zagrijavanje, a zatim kroz tlačnu zonu sastavljenu od prijenosnog cilindra i tiskovnog cilindra. Djelovanjem topline i tlaka slika prelazi s prijelaznog cilindra na papir i to smo jednim prijelazom iste kroz printer

(19). Nakon prenošenja boje na površinu papira, posredstvom hladnog cilindra koji aplicira tlak, radi se zaravnjavanje boje i učvršćivanje njezine veze s papirom (30). Kada papir izađe iz printera, boja se u potpunosti učvrsti i otisak je istog trena spreman za uporabu (19).

Udaljenost između tiskarske glave i prijenosnog cilindra uvijek je ista i ne ovisi od debljine papira koji se tiska – to omogućava precizno i predvidljivo usmjeravanje svake pojedinačne kapljice, a time se povećava i kvaliteta otiska.

Neovisnost o vlazi i temperature u prostoriji predstavlja još jedna velika prednost korištenja hot melt tehnologije. Glavni je nedostatak ove tehnologije dugotrajna priprema printera za tiskanje – od njegovog uključivanja do početka tiskanja treba proći 12-15 minuta. Ukoliko se ne koristi duže vrijeme, printer mijenja režim rada s režimom čekanja prilikom čega se temperatura rezervoara spušta tj. održava malo iznad točke učvršćivanja boje. Potrebno je nekoliko minuta za ponovno aktiviranje printera kada se isti nalazi u režimu čekanja. »Buđenje« printera iz režima čekanja, za razliku od njegovog »hladnog« uključivanja, ne traži čišćenje tiskarske glave.

Printere koji koriste hot melt boje karakteriziraju velike brzine tiskanja koje prije svega omogućava veliki broj štrcaljki i njihova sposobnost proizvodnje velikog broja kapljica u jedinici vremena. Svaka od 1236 štrcaljki tiskarske glave sposobna je proizvoditi 24 000 kapljica u jednoj sekundi – to znači da glava precizno nanosi skoro 30 milijuna kapljica na površini prijenosnog cilindra u jednoj sekundi. Navedeno vrijedi samo za jedan tip printera.

Uređaj za održavanje prijenosnog cilindra zamjenjuje se svakih 10 do 30 tisuća otisaka ovisno o modelu printera. Posuda sa zaostalom bojom poslije tiskanja povremeno se vadi iz printera te se prazni i čisti (19).

\* \* \* \* \*

Temeljne osobine prema kojima se razlikuju inkjet printeri su sljedeće: kompleti rezervoara s bojom, uporaba bojila ili pigmenta u svojstvu koloranta u sastavu boje i sustavi za dostavu boje do tiskovne podloge (17).

Kompleti boja najčešće čine rezervoari za cijan, magentu, žutu i crnu, ali veliki broj novijih printera koriste komplete sa 6 rezervoara, koji pored procesnih boja uključuju i svjetli cijan i svjetlu magentu. Svjetla crna tj. siva boja karakteristična je za većinu kompleta sa po 7 boja označenih kraćenicom CcMmYKk, gdje su malim slovima označene svjetle boje. Uključivanje svjetlih boja omogućava printeru proširivanja raspona reproduciranih boja za veći broj pastelnih boja, ugodnih oku. Budući da ljudsko oko slabo razlikuje kontrastnu žutu boju, niti jedan proizvođač ne uključuje svjetlo žutu boju u svom kompletu. Neki proizvođači nude komplete koji sadržavaju narančastu i zelenu boju, a neki kompleti s čak 12 boja koje uključuju crvenu i plavu boju (2,17).

Neovisno o tome kako se istiskuje kapljica, njezina je krajnja destinacija površina na tiskovnoj podlozi. Koliko boje može biti upućeno prema svaku posebnu lokalizaciju podloge je činjenica koja igra važnu ulogu u određivanju prave rezolucije printera. U vremenskom razdoblju od 5 godina (do kraja 2003. god.) rezolucije su se povećale s 300dpi, preko 1440dpi do 2880dpi, a danas čak i do 5760dpi. Međutim, navedeni brojevi uvijek ne daju očekivane rezultate u pogledu poboljšanja kvalitete otiska zbog toga što bi porast rezolucije trebao biti praćen odgovarajućim opadanjem veličine kapljice (17).

Danas se u praksi koristi i posebna skupina »GelSprinter« inkjet printera kod kojih se koristi boja u obliku gela koji se istiskuje na papir posredstvom piezoelektrične glave. Ova tehnologija još uvijek ne nudi zadovoljavajuću razinu kvalitete otiska a da bi se mogla koristiti za proofing.

### 1.3. Inkjet boje

Započeo bih s razumijevanjem subjektivne definicije za boju. Naime, različiti ljudi različito percipiraju boju. Nečije su oči osjetljivije na sivo, nečije na crveno, a nečije na plavo. Za boje koje su van ravnoteže, može se reći da imaju cijan/magenta/žutu više nego što je potrebno. Otisci koji su u ravnoteži su neutralni – ne pokazuju da je prisutnost bilo koje boje veća nego što je potrebna (29).

Temeljna komponenta svakog inkjet printera je boja. Upravo ona diktira sposobnost printera da se nosi s različitim vrstama podloga, njegovu pogodnost za korištenje te radnu brzinu. I, što je najvažnije za proizvođače printera, boja je »oštrica žileta zvanog printer«. U konačnici, boja je ključ zarade – upravo ona održava vezu snabdjevanja s korisnikom (28).

Postoje i diskontinuirani inkjet printeri čije se glave održavaju u sredini s dušikom. Takav pristup omogućava njihovu zaštitu od začepjenja koje ograničava primjenu inkjet tehnologije. Integrirani UV uređaj za sušenje brzo suši nanešenu boju na podlozi prilikom njezinog otiskivanja (12).

U literaturi najčešće se spominju dvije osnovne podjele inkjet boja i to: podjela prema načinu njihovog sušenja i podjela prema vrste korištenog koloranta.

Prema načinu sušenja, inkjet se boje dijele na:

- boje na bazi vode;
- boje na bazi organskih otapala i
- boje koje se suše djelovanjem UV zračenja (28).

Inkjet solucije koje uključuju gore navedene vrste boje omogućavaju tiskanje na veliki broj različitih tiskovnih podloga. Primjećena su i konstantna poboljšanja rezolucije, kvalitete i brzine tiskanja (14).

Boje na bazi vode uobičajeno se suše na visokim temperaturama (najčešće IR zračenjem) zbog eliminacije vode. Boje na bazi otapala su praktičnije za korištenje kod određenih tiskarskih glava zbog toga što otapalo održava čistima otvore štrcaljka. Glavni je problem inkjet tehnologije održavanje nezačepljenima štrcaljke tiskarske glave zbog toga što isušena boja ili najmanja prašina može izazvati njezino začepljenje. Potencijalni problem boja koje se suše djelovanjem UV zračenja je održavanje intenziteta zračenja UV izvora koji je smješten na samoj glavi – to se odražava na rad cijelog mehanizma. Kod diskontinuiranih UV tiskarskih glava sastav boje može varirati ovisno o karakteristikama podloge za koju je boja namjenjena (28). Primjenom boja koje se suše djelovanjem UV zračenja može se tiskati skoro na svakoj vrsti podloge (uključujući čak i staklo, drvo, keramika i metal). Poboljšanja njihovog kemijskog sastava omogućava duži životni vijek i bolje boje otiska, ali i bolju adheziju. Boje koje se suše djelovanjem UV zračenja karakterizirane su malom fleksibilnošću – zbog toga i se raspucavaju prilikom savijanja otiska. Njihova cijena je veća u odnosu na cijenu boja na bazi otapala (36).

Većina novih diskontinuiranih UV glava koriste piezo tehnologiju kako bi se moglo upotrebljavati više različitih tipova boja i podloga. Kod diskontinuirane tehnologije neophodna je velika blizina tiskarske glave i podloge (uobičajeno 1/8 inč tj. 3,175mm ili manje), pa je zbog toga smanjena njihova primjena. Za ilustraciju, kod kontinuirane tehnologije tiskarska glava može biti udaljena od podloge čak i do 1/2 inč (12,7mm) (28).

Kontinuirani inkjet printeri mogu koristiti boje na bazi vode i boje na bazi otapala. Metiletilketon u prošlosti je bilo najzastupljenije organsko otapalo kod boja koje su se koristile za linearno adresiranje proizvoda zbog njegovog brzog sušenja na premazanim materijalima. Budući je on štetan za životni okoliš, danas se najčešće zamjenjuje bojama na bazi spojeva etana ili acetona (28). Boje na bazi otapala prilikom sušenja oslobađaju plinove štetne za životni okoliš. Zbog zaštite životnog okoliša, danas proizvođači nude boje sa smanjenom količinom otapala i ekološke boje koje se mogu koristiti samo kod

određenih printera. Ove se boje smatraju dobrim kompromisom – imaju osobine boja na bazi otapala, a uz to nisu štetne za životni okoliš (36).

Boje na bazi otapala sadržavaju etanol, aceton i metiletilketon. Kod svakog inkjet printera boja se prisilno istiskuje kroz iznimno male otvore dijametra manjeg od dijametra vlasi ljudske kose. Upravo zbog toga, kemijski je sastav boje od presudnog značaja za rad tiskarske glave. Također, boja bi trebala sadržavati i izvrsne elektrovodičke osobine (28).

Prema vrste koloranta inkjet se boje dijele na:

- obojene tekućine (tinte);
- boje s pigmentnom (disperzne boje) i
- krute boje.

Obzirom na činjenicu da je kolorant od presudne važnosti za kvalitetu i trajnost otiska, navedene tri vrste boje su posebno razmatrane u nastavku.



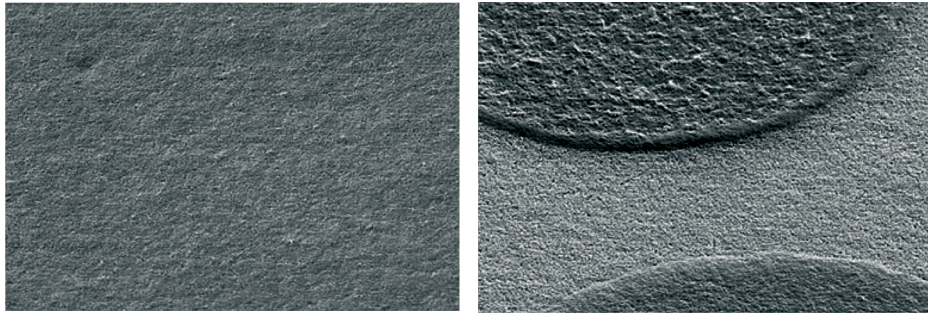
### ***1.3.1. Tinte u odnosu na pigmentne boje***

Način projektiranja printera diktira vrstu boje koja će se koristiti. Bojila koja se koriste kod proizvodnje boja isključivo su koncentrirana. Sposobnost isparavanja je važna osobina boja za termalni inkjet, a mjehurići plina koji se stvaraju prilikom vibriranja piezo kristala onemogućavaju kvalitetno tiskanje. Upravo zbog toga, rad kemičara za boju uopće nije jednostavan (28).

Popularnost bojila datira još iz najranijih dana digitalnog proofinga. Njihova čistoća omogućava dobivanje probnih otisaka iz neodgovarajuće kalibriranog sustava, čiji su otisci prezasićeni a da bi se dobili na konvencionalnom tiskarskom stroju. Što je još gore, različite tinte imaju različite stupnjeve izbljeđivanja djelovanjem svjetla. To izaziva promjenu balansa sivog na otisku tijekom vremena. Na sreću, na tržištu su se pojavile nove, pigmentne boje koje nude puno veću otpornost prema izbljeđivanju u kombinaciji s neznatnim smanjenjem kolor gamuta koji postaje bliži onome na konvencionalnom tiskarskom stroju (16).

Koja je razlika između inkjet tinta i bojila s pigmentom? Tinte predstavljaju koloranti potpuno otopljeni u vodi ili u otapalu u svojstvu nosača. Pigmentne boje predstavljaju čvrsti kristali čestica koji se privremeno zadržavaju u vodi ili otapalu koje ima svojstvo nosača (2).

Tinte i pigmentna bojila kao temeljni koloranti imaju svoje prednosti i mane. Slika 6 može poslužiti za usporedbu otisaka iz navedenih vrsta boja.

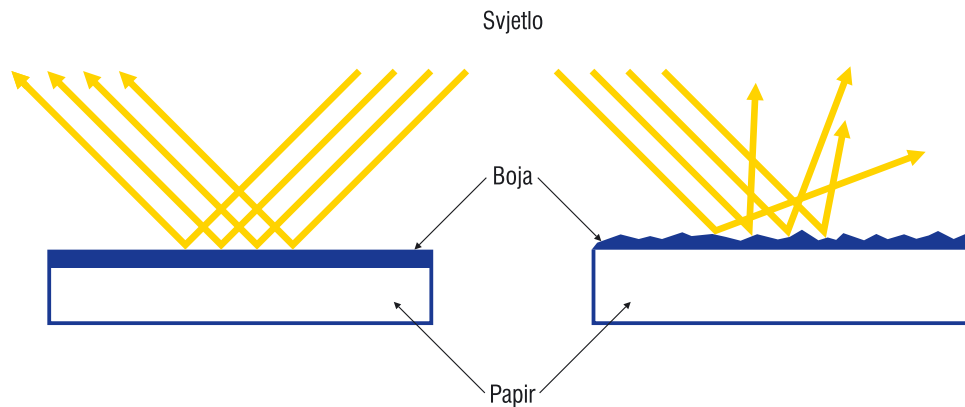


Slika 6. Mikroskopski pogled na inkjet otiscima napravljenim tintom (lijevo) i pigmentnom bojom (desno)

Veličina jedne molekule bojila kreće se u rasponu 1,5-4nm, a jedne čestice pigmenta u rasponu 50-200nm. Čestica pigmenta sastoji se od većeg broja molekula međusobno čvrsto povezanim u određenoj formaciji (20).

Zato što su značajno manje od čestica pigmenta, molekule bojila imaju veću površinu otvorenu za djelovanje svjetla, ozona i sumpor dioksida što izaziva brže izbljeđivanje otiska (35). Najmanji, 10 mikronski dijametar kružnog otvora štrcaljke 50-100 puta je veći nego čestica pigmenta što omogućava lako istiskivanje boje (20).

Smanjeni kolor gamut pigmentnih boja rezultat je veličine njihovih čestica. Zbog te se veličine, reflektirano svjetlo iz neravne površine otiska rasipa tj. divergira, a neke boje dobivaju oslabljeni ili zamućeni izgled (slika 7) (20,35). Određenim je pigmentima osobito teško postići bogate crvene boje otiska (20).



Slika 7. Refleksija svjetla kod inkjet otisaka napravljenim tintom (lijevo) i bojilom s dispergiranim pigmentom (desno)

Kod termalnih inkjet sustava pretežno se koriste tinte, a kod piezo sustava podjednako i tinte i pigmentne boje (20).

Tinte su vodene otopine ili otopine organskih otapala. One penetriraju u površinu papira i kemijski se vezuju za njegove polimere (2). Upravo zbog toga, njihova je otpornost na grebanje veća od one pigmentnih boja (35). Kompatibilne su sa većim brojem podloga za tiskanje, ali za razliku od pigmentnih boja, vodene otopine nisu otporne na vodu (2). Veća procentualna zastupljenost tekućine (najviše voda) u sastavu boja sa bojilom prolongira njihovo sušenje. Otisak se razljeva ako se namoči – to je nedostatak koji se može kompenzirati primjenom mikroporoznog premazivanja papira (35).

Pored bojila koje se otapa u vodi, u sastavu jedne boje sa bojilom ulaze još i slijedeće komponente:

- polietilen glikol kao regulator vlažnosti i viskoziteta boje;
- dietilen glikol koji služi kao otapalo bojila koji zadržava vlažnost boje te u kombinaciji s vodom značajno podiže točku vrenja otopine, čime ista postaje pogodna za korištenje kod visokih temperatura;
- N-metil pirolidon kao posrednik prilikom sinteze boje;
- biocid – kemijska tvar koja spriječava začepljenje štrcaljki;

- pufer – regulator pH vrijednosti otopine;
- polivinil alkohol – sintetski polimer s veznim osobinama, topiv u vodi, primjenjuje se još i kod premazivanja (inkjet) papira;
- trietanolamin – spoj koji sprječava bronziranje\* otiska i
- destilirana voda (30).

Za razliku od pigmentnih boja, tinte su isplativije za proizvodnju i manje sklone začepjenju tiskarske glave, a u slučaju kada je ipak začep, ona se lakše čisti (35).

[\*Bronziranje je sjajni odsjaj svjetlosti reflektirana od otiska koje je povezano samo s nekim bojilima i pigmentima. Pojmom bronziranja označava se crvenkasto-smeđa nijansa boje otisnuta na podlozi prilikom sušenja. Radi se o fenomenu s negativnim utjecajem na kvaliteti otiska koji ometa mjerenje atributa boje. Bronziranje smanjuje optičku gustoću zacrnljenja crne boje, ali se također odražava i na druge boje, kao na pr. cijana koji dobiva crvenkasti izgled.]

»Bojilo ili pigment?« – aktualna je tema debate još od pojave pigmentnih boja pa sve do danas. I pored činjenice da su tinte duže prisutne na tržištu proofinga i češće imaju nižu cijenu, velik je broj kupaca zainteresiranih za novije pigmentne boje. Najprivlačnija osobina pigmenta postaje očigledna onda kada se analiziraju testirani ciljevi tijekom procesa profiliranja kolor menadžmenta (17).

Boje s pigmentom ne otapaju se u vodi – one samo leže na papiru. Za razliku od tinta, pigmentne boje nude veću stabilnost otiska, ali ipak imaju užu raspon kompatibilnih podloga za tiskanje (2).

Budući se ne otapa u otapalu, pigment se taloži na dnu rezervoara koji bi se trebao dobro protresti prije postavljanja u printer. Instalirani bi se rezervoar trebao iskoristiti u roku od 6 mjeseci. Boje s pigmentom koje su disperzivne, imaju izraženiji efekt bronziranja i veću sklonost metamerizmu\* nego prave otopine (tinte) (35).

[\*U praksi se često događa da boje dva identična otisaka izgledaju isto promatrani pod istim, a različito pod različitim svjetlosnim uvjetima. Takav se fenomen naziva metamerizam (35).]

Pigmentne boje jednog vrhunskog svjetskog proizvođača skoro da i ne pokazuju promjene u izmjerenim vrijednostima testiranih ciljeva i 2 tjedna nakon otiskivanja. Prvo je mjerenje provedeno 10 minuta nakon tiskanja. Korisnici određenih modela printera istog proizvođača imaju mogućnost odabrati između tinta i pigmentnih boja – pritom, donošenje odluke nije jednostavno zbog toga što se već izabrani tip boje ne može mijenjati nakon njihovog instaliranja u printeru (17).

Jedan od uvjeta koje treba ispunjavati kvalitetna pigmentna boja je dugotrajno održavanje udaljenosti između čestica pigmenta. Za ispunjavanje navedenog uvjeta, jedan vrhunski svjetski proizvođač printera, boja i papira, primjenjuje mikrooblaganje čestica pigmenta polimernom smolom, ali ne kod svih boja iz kompleta za printer (20).

Na tržištu su prisutne i kompleti neoriginalnih pigmentnih boja s hibridnom crnom u kojoj se kao kolorant koristi kombinacija pigmenta (75%) i bojila (25%) Njihovim kombiniranjem povećava se gustoća zacrnljenja boje otiska koji postaje vizuelno bogatiji. Kao nedostatak kombiniranja koloranata, javlja se mogućnost da jedan od njih izblijeđi prije drugoga. Bilo kako bilo, proizvođač tvrdi da trajnost njegovih crnih boja nadmašuje 100 godina. U ponudi postoje i čisto pigmentne boje u zamjeni za kombinacije (20).

Pored standardnih, u praksi se primjenjuju i hibridni inkjet printeri koji koriste pigmentnu crnu boju (za dobivanje tamnu, gustu, zasićenu i trajnu crnu boju otiska), a ostale su boje na bazi bojila (za proširenje kolor gamuta) (35).

U zadnjih nekoliko godina, zabilježeno je značajno poboljšanje kvalitete inkjet boja i to:

- povećana otpornost na svjetlo i vlagu kod tinti i

- povećan gamut i smanjena sklonost bronziranju i metamerizmu kod pigmentnih boja (35).

### ***1.3.2. Krute boje***

Elektrostatska tehnologija (ranije nazivana »phase change«) je neuobičajena inkjet tehnologija. Kod ove se tehnologije primjenjuju pigmentne boje na bazi smole u obliku čvrstih blokova. Nakon zagrijavanja, boja prijelazi u tekuće stanje – od tamo dolazi naziv »phase change« što označava promjenu agregatnog stanja boje. Boje se još nazivaju i voštanim zbog sličnosti s voštanim bojilima (20).

Kod krutih se boja ne koriste otapala, pa se sušenje provodi hlađenjem. Otisci su otporni na vodu (19). Prilikom ostvarivanja kontakta s papirom, boja nije u tekućem već u otopljenom stanju, pa zbog toga ne moći papir tj. ne penetrira u njemu. To rezultira dobivanjem oštrih i zasićenih (saturiranih) otisaka na različitim vrstama papira (19,30). Kada se nalazi u otopljenom stanju, boja bi trebala imati mali viskozitet, kako bi se lakše raspršivala. Zbog brzog očvršćivanja navedenih boja na sobnoj temperaturi dobiva se kvalitetniji raster od onoga kod inkjet tehnologija s tekućim bojama (30).

Boja leži na površini papira oblikujući reljef, a boje otiska su sjajne i oštre zbog toga što se kapljice boje niti šire niti razlijevaju. Čak i na 2400dpi, kvaliteta otiska je približno jednaka kvaliteti fotografija. Printeri koji koriste krute boje izuzetno su brzi. Tiskaju raznovrsne podloge i daju visokozasićene otiske koje zadovoljavaju kriterije nekih fotografa, dizajnera i ilustratora. U nedostatke se ubrajaju ograničeni format podloga koje se tiskaju i relativno slaba postojanost otiska (nešto više od jedne godine ukoliko je izložen normalnom, kancelarijskom osvjetljavanju ili nekoliko godina ukoliko se čuva na tamnom) (20).

#### **1.4. Vrste papira za inkjet tisak i njihovi mogući nedostaci**

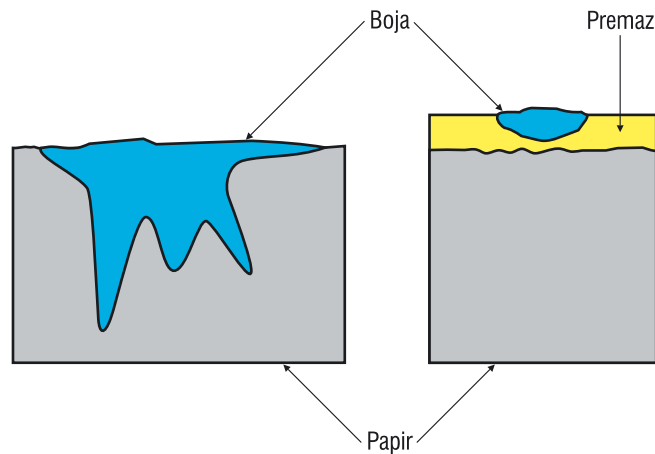
Da bi se dobio kvalitetan otisak trebaju se uzeti u obzir i:

- trajnost i otpornost papira na svjetlo – papir se ne bi trebao početi raspadati ni požutiti
- kompatibilnost papira s korištenom bojom – papir bi morao absorbirati boju bez prekomjernog razljevanja, te brzo se sušiti bez dobivanja iskrivljenog, valovitog oblika (35).

Trajnost papira je determinirana sastojcima korištenim prilikom njegove proizvodnje te načinom njegovog čuvanja. Za trajnost papira presudni su slijedeći čimbenici:

- stabilnost i sastav; oni ne predstavljaju problem za današnje papire bez klorida i kiselina – ukoliko se propisno čuvaju, takvi papiri ostaju stabilni stotinama godina i
- požucivanje koje se javlja kod papira s ligninom i izobiljem dodataka za povećanje sjaja (35).

Inkjetom se tiska na naravnim i premazanim papirima i to češće na premazanim nego na naravnim. Otisak napravljen na naravnom papiru ima nejasne konture i nedostatak oštine i gustine zacrnjenja. S druge pak strane, otisak napravljen na premazanom papiru karakteriziran je ostrim rubovima rasterskih točaka (slika 8) (20). Prema tome, da bi se dobio kvalitetan otisak, neophodno je korištenje premazanog papira (35).



Slika 8. Interakcija inkjet boje s naravnim (ljevo) i premazanim (desno) papirom

#### ***1.4.1. Naravni papiri***

Tipični primjer naravnog papira je papir za pisanje. Radi se o široko rasprostranjenom kancelarijskom papiru koji se koristi kod laserskih printera i kopirnih aparata. Nije pogodan za inkjet tiskanje zbog razlijevanja boje što rezultira slabim kvalitetom otiska. Međutim, postoje i kvalitetni, naravni papiri za reprodukciju umjetničkih dijela strojne izrade na strojevima s cilindričnim kalupom. Stoljećima unatrag, ovakvi su se papiri koristili za crtanje, slikanje akvarela i tradicionalno tiskanje. Pored toga, danas se koriste za inkjet tiskanje.

Bazu naravnog papira, prije svega determinira njegovu strukturu, ali i njegovu debljinu, gramaturu i izdržljivost. U unutrašnjosti baze ili na njezinoj površini dodaje se određena ljepljiva supstanca koja obavija vlakna i osigurava otpornost prema absorpsiji vlage.

Naravni papiri, kao što je na pr. roto novinski papir, proizvode se u kiselinskom procesu. Napravljeni su od drvene pulpe koja sadržava celulozna vlakna i prirodno ljepilo za njihovo međusono vezivanje – lignin. Glavni je problem lignina njegovo širenje tijekom



vremena koje, na kraju, uništava papir skupa sa otiskom napravljenim na papiru (lignin izaziva žućenje novina).

Danas, naravni papiri većinom ne sadrže lignin. Tijekom proizvodnje, naravni se papir zaglađuje prolazeći između dva metalna cilindra. Naravni su papiri pogodni za korištenje kod inkjeta sa krutim bojama s rijetkim izuzecima od ostalih namjenjenih za kancelarijsku uporabu. Ovi papiri nemaju premaz koji bi prihvatio inkjet boju, a njezino razlijevanje dovodi do opadanje kvalitete otiska (slika 9).



Slika 9. Inkjet otisak na naravnom papiru, 40× povećanje

Ono po čemu se naravni papiri za reprodukciju umjetničkih dijela izdvajaju od srodnih papira niže klase – kancelarijskih papira, neki su sastojci od kojih je najvažnije celulozno vlakno. Celuloza dolazi iz raznovrsnih biljnih izvora među kojima drvo kao najzastupljeniji izvor i pamuk. Najkvalitetniji papiri za reprodukciju umjetničkih dijela sadrže 100% pamuka koji najčešće potječe iz krpa korištenih za njihovu proizvodnju (od tamo i naziv »papiri iz pamučnih krpa«). Pamučno vlakno u najvećoj mjeri sadrži alfa celulozu koja predstavlja najčišći oblik celuloze. 100%-tni sadržaj pamuka osigurava dobivanje visoko stabilnog papira otpornijeg na raspadanje nego papir na bazi drva. Navedena vrsta papira ne sadrži lignin, tijekom njezine proizvodnje ne koristi se kalofonijum, prema tome nema ni spojeva koji formiraju kiseline. Umjesto toga, često se koriste alkalni puferi za podizanje pH vrijednosti papira. Na površini nepremazanog

papira za reprodukciju umjetničkih dijela ponekad se nanosi škrob ili želatina kao dodatak, ali ne kao premaz.

Inkjet tiskanje papira za reprodukciju umjetničkih dijela može se deklarirati izazovom zbog sljedećih razloga:

- printer koji se za to koristi treba biti pogodan za tiskanje debelih papira;
- kod papira ove vrste često se mogu naći slobodna vlakna i prašina koji mogu ometati transportni mehanizam i začepiti osjetljivu tiskarsku glavu printera;
- valoviti papir može doći u kontakt s glavom i ozbiljno je oštetiti i
- veliki broj papira s neobrezanim rubovima koji su ili oštećeni ili mogu izazvati oštećenje (20).

#### ***1.4.2. Premazani papiri***

Premazani papiri koji uključuju i posebne verzije prije spomenutih papira za reprodukciju umjetničkih dijela, sastoje se od baze i premaza. Upravo premaz osigurava ispravnu absorpciju i brzo sušenje boje te sprječava razlijevanje iste (5,18,35). Na takav se način omogućava veća rezolucija tiskanja i detaljniji kolor gradijenti (35). Premazi mogu sadržavati substance kao što su: aluminij trioksid, silicij dioksid, glina, titanij dioksid, kalcij karbonat i različiti polimeri. Specifičnost u projektiranju premaza odnosi se na potrebu za postizanjem određenih željenih efekata kod papira među kojima i poboljšanje kvalitete otiska i vezivanje s bojom i povećanje kolor gamuta i sjajnosti. Premaz diktira konačni izgled površine papira prema kojem ona može biti sjajna, mat ili nešto između to dvoje (20).

Sulfidni papir široko je rasprostranjen i predstavlja alternativu za 100%-tni bezdrveni papir. Umjesto pamučnih vlakana, kod sulfidnih papira upotrebljava se pulpa iz komadića drva pripremljenih u kalcij bisulfatu ili natrij sulfidu. Nakon dodavanja bijelila i pufera, dobiva se 100%-tni, pH neutralni alfa celulozni papir.

Prema klasifikaciji proizvođača razlikujemo dvije vrste premazanih inkjet papira: fotografski i papir za reprodukciju umjetničkih dijela. Fotografski papiri teže RC strukturi (objašnjeno u nastavku) i mogu biti sjajni i polusjajni isto kao i njihovi dvojници iz tradicionalne reprodukcije fotografija. Papiri za reprodukciju umjetničkih dijela često nalikuju akvarelnom papiru.

Prema završnom tretmanu tj. vrste teksture površine razlikujemo sjajne, satenske i mat papire. Bilo kako bilo, svaki od ova tri naziva kazuje jako malo o vrsti papira i njegove pogodnosti za kombiniranje s određenim bojama i korištenje kod određenih printera.

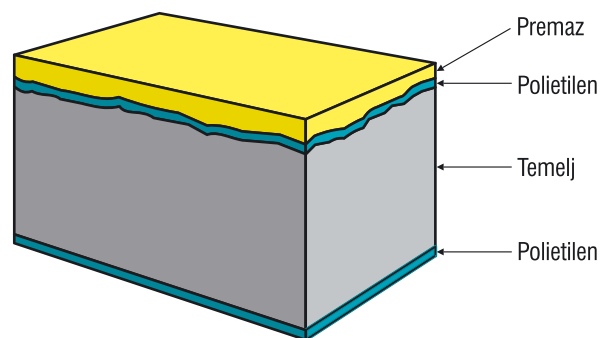
Prema tehnologiji premazivanja razlikujemo:

1. mikroporozni papiri;
2. papiri koji bubre i
3. papiri premazani smolom (resin coated, RC).

Brzina tiskanja inkjeta veća je od one sušenja boje. Mikroporozni premazi, poznatiji kao mikrokeramički, predstavljaju relativno novo rješenje za ovaj problem. Oni sadrže izuzetno male čestice aluminij trioksida ili silicij dioksida koje stvaraju praznine unutar samog premaza. Praznine absorbiraju boju kapilarno, a čestice spriječavaju njezino razlijevanje. To rezultira dobivanjem otisaka otpornih na vlagu koji se mogu koristiti neposredno nakon tiskanja. Nedostatak su otvorene površine premaza koje dopuštaju boji da dođe u kontakt sa zrakom i atmosferskim zagađivačima koje on sadrži. Upravo zbog toga, svi otisci napravljeni na mikroporoznom papiru u kombinaciji s tintama trebali bi se izlagati ili čuvati pokrivenim staklom ili pleksiglasom. Mikroporozni papiri nude izvrstan kvalitet otiska, a prema finalnom tretmanu mogu biti sjajni (glossy), satenski (satiny, luster) i mat (matte). Ovi se papiri mogu kombinirati s tintama ili s pigmentnim bojama, i to ovisno o brendu.

Polimerni premazi koji imaju sposobnost prihvaćanja vode, koristili su se još od ranih devedesetih godina prošlog stoljeća, ali njihova je primjena bila ograničena. Takvo je stanje ostalo nepromjenjeno sve dok se nije javila potreba od smanjenja izbljeđivanja izazvano od ozona i drugih atmosferskih zagađivača. Premazi koji bubre rade se s organskim polimerima (između kojih i želatina) koji bubrenjem okružuju boju neposredno nakon njezinog nanošenja na papir. U tom je slučaju samo jedan tanak sloj boje izložen direktnom utjecaju zraka, a ostatak je zaštićen. Ovisno o finalnom tretmanu papiri koji bubre mogu biti sa sjajnim ili satenskim izgledom – obje vrste nude izvrsnu kvalitetu otiska. Još jedna je prednost povećanje trajnosti otiska izazvano tendencijom izoliranja kapljice boje koju ima bubrenje. Nedostaci su povećana osjetljivost na vodu i vlagu te produženo vrijeme sušenja otiska. Papiri koji bubre namjenjeni su samo za tinte.

Papiri premazani smolom, odavna prisutni u fotografskom svijetu, danas migriraju i na polju inkjeta. Ovi papiri imaju specifičnu građu – standardni temelj dvostrano obloženi polietilenom na kojem je s jedne strane (na vrhu) nanešen premaz (slika 10).



Slika 10. Slojevita struktura inkjet papira premazanim smolom

Polietilen između baze i premaza jedna je vrsta prepreke koja pomaže smanjenju skupljanja papira koje se javlja kao rezultat velike prekrivenosti bojom. Premazivanje određuje tiskarske performanse papira. Kod RC papira koriste se prije spomenuti premazi. Prema tome, veliki broj mikroporoznih i papira koji bubre namjenjenih za fotografije su zapravo RC papiri. Cilj je većina proizvođača ovakvih papira da oni slič

tradicionalnom fotografskom papiru u što većoj mjeri. Zbog njihove inkompatibilnosti s pigmentnim bojama, razvijeni su posebni, kompatibilni RC papiri.

Danas se koriste i papiri kod kojih se primjenjuje specifičan način premazivanja. Naime, premazivanje je impregnirano u samom papiru. Postupak formuliran kao »infuzija« uključen je u procesu proizvodnje papira. U budućnosti se očekuje veća zastupljenost ove vrste papira na tržištu (20).

#### ***1.4.3. Bijele točke otiska i razlozi njihovog pojavljivanja***

Bijele točke otiska u velikoj mjeri ugrožavaju njegovu kvalitetu. Često se susreću u praksi i predstavljaju veliki nedostatak inkjet papira. Ovisno o načinu proizvodnje papira, tri potencijalna problema mogu uzrokovati pojavu bijelih točaka otiska, i to:

- ljuštenje;
- prašnjava površina i
- dignuto vlakno.

Ukoliko je problem u ljuštenju, ne može se ništa učiniti, ali ukoliko je pojava bijelih točaka uzrokovana prašnjavom površinom ili dignutim vlaknom, moguća je prevencija.

**Ljuštenje:** Ljuštenje se javlja u slučaju neadekvatnog prijanjanja premaza na površinu baze papira. Papiri koji imaju problem s ljuštenjem izgledaju kao da su od krede i tako ih osjećamo dodirrom. Ljuštenje se primjećuje kod otisnutog papira u momentu kada se premaz odvaja od baze, ostavljajući pritom nepravilnu bijelu točku otiska.

Ne postoji u tisku mogućnost prevencije od ljuštenja zbog toga što se radi o neispravnosti papira. Često se smatra da su bijele točke nepremazane površine što je neispravno – u tom bi slučaju točke otiska bile zamucene, a ne bijele. Na sreću, ljuštenje se ne javlja jako često. Najčešće se zamjenjuje s nekim od dva preostala, često zastupljena problema.

**Prašnjava površina:** Papiri namjenjeni za reprodukciju umjetničkih dijela su mekani i teško se režu čisto – prilikom njihovog rezanja iz role u arak stvara se prašina. I pored napora za održavanje oštrog noževa i odstranjenje prašine iz procesa rezanja, prašnjava površina postaje vidljiva u momentu kada prašina otpada iz otisnute podloge, ostavljajući pritom na otisku puno malih bijelih točaka ili tanke linije širine igle. Točke imaju pravilniji oblik od onih prilikom ljuštenja. Prašnjava se površina češće javlja kod podloga u obliku arka zbog rezanja.

Prevenција: Pojava bijelih točaka zbog prašnjave površine spriječava se čišćenjem površine arka neposredno prije tiskanja finom četkom za slikanje ili komadićem mekane pamučne tkanine. Ne preporučuje se korištenje silnog mlaza zraka za čišćenje papira zbog mogućnosti da čestice prašine ugroze druge otiske.

**Dignuto vlakno:** Prilikom proizvodnje pamučnih papira, vlakna imaju tendenciju ispravljanja i prodora kroz površinu papira. Ako je papir premazan, otisak će biti kvalitetan, ali prilikom rukovanja istim, boja na vrhovima vlakana će otpasti, formirajući pritom bijelu točku.

Prevenција: Budući je dignuto vlakno problem odrona (abrazije) koje se javlja kao posljedica trenja, posebna se pažnja treba posvetiti rukovanju s otiscima napravljenima na pamučnom papiru. Preporučljivo je koristiti arke bezkiselinskog papira i ne izvlačiti otisnuti arak iz sredine kupa otisnutih araka (5).

\* \* \* \* \*

I dok su novi kompleti boja i poboljšani printerski hardver zatresli scenu probnih otisaka, primjećen je iznenađujuće mali broj inovacija na polju podloga za tiskanje. Skoro svaki proizvođač printera prodaje brendirane papire, ali pravi broj kompanija za proizvodnju i premazivanje podloga za tiskanje je izuzetno mali. U zadnje se vrijeme posebna pažnja posvećuje premazima, bojama i debljinama podloga za tiskanje.

I pored dugogorišnje popularnosti inkjet proofinga, još uvijek ne postoji jasna granica između podloga za komercijalnu i onih za nakladničku djelatnost. Upravo zbog toga, veliki proizvođači inkjet podloga za tiskanje, u slučajevima kada je to potrebno, upućuju na korištenje jedne od različitih vrsta sjajno bijelih papira i preporučuju primjenu ICC kolor menadžmenta kako bi se imitirao izgled papira, što bi se trebalo koristiti za tiskanje naklade. Za imitiranje bijeline i teksture odgovarajućeg papira potreban je visokokvalitetni spektrofotometar, sofisticirani softver za profiliranje kolor menadžmenta i učestala kalibracija printera što, svakako, povećava potrošnju boje.

Postoje i posrednici koji koordiniraju između proizvođača papira i proizvođača premaza s ciljem serijske proizvodnje posebnih papira po narudbi. To predstavlja ogromno olakšanje za tiskare koje za većinu naklada koriste samo nekoliko vrsta papira. Naime, u značajnoj se mjeri pojednostavljuje kolor menadžment, a ujedno se eliminira i potrošnja boje za imitaciju izgleda traženog papira (16).

Inkjet tehnologija stvorila je tržište tiskanja velikih formata (1). Inkjet printerima na velikom se formatu tiskaju sjajne fotopodloge, plastične podloge s ljepljivom pozadinom, akvarelni papir i veliki broj drugih printabilnih materijala (2). Danas inkjet tehnologija dominira i na tržištu probnih otisaka. Moguće je da će brzo digitalno printanje kolor dokumenata biti slijedeći njezin cilj (1).

## **1.5. Originalne i neoriginalne inkjet boje i papiri: trajnost otiska**

Inkjet otisci mogu trajati koliko i tradicionalne fotografije samo ukoliko se napravi pravi izbor između različitih vrsta printera, boja i papira. Primjenom različitih boja i papira ne dobivaju se isti rezultati. Upravo zbog toga, uvijek se preporučuje korištenje materijala samog proizvođača printera (34,37,38).

Često se događa da vlasnici inkjet printera koriste neoriginalne boje zbog ekonomičnosti. Na tržištu se nude i takve neoriginalne boje koje koštaju, ali su i kvalitetne skoro koliko i originalne. Najveći je nedostatak neoriginalnih boja njihova nepostojanost (24). Prilikom izbora neoriginalnih boja, trebaju se uzeti u obzir kvaliteta, kompatibilnost s printerom i datum proizvodnje (20).

Osobine inkjet papira imaju ogroman utjecaj na trajnost kvalitete otiska, pogotovo ako se tiska s bojama na bazi bojila (6). Veliki je broj proizvođača koji pokušavaju kreirati neoriginalne inkjet papire pogodne za sve inkjet printere, ili bar za najpoznatije. Takvi papiri nisu optimizirani niti za jedan printer i ne ispunjavaju najvažnije uvjete – postojanost i brzo sušenje boje otiska (37).

Proizvođači neoriginalnih inkjet boja i papira obraćaju izuzetno malo pažnje ili je uopće ne obraćaju na postojanost otisaka. Na pr. trajnost otisaka napravljenim originalnim bojama na originalnom papiru jednog poznatog proizvođača smanjuje se sa 73 na 2 godine ukoliko se koristi drugi, neoriginalni papir; zamjena originalnih pigmentnih boja nekog vrhunskog svjetskog proizvođača neoriginalnim, ali »kompatibilnim« bojama s bojilom rezultira padom trajnosti otisaka na originalnim papirima sa 70-100 godina na manje od 6 mjeseci (37). Upravo navedene pigmentne boje mogu trajati i više od 100 godina ukoliko su otisci uramljeni s posebnim materijalima za arhiviranje i staklom za UV filtriranje, a ukoliko se čuvaju na tamnom, traju čak i do 200 godina. S druge strane, otisci napravljeni na inkjet printerima najpoznatijih svjetskih proizvođača primjenom boja s bojilom, najčešće traju 10-70 godina ukoliko su uramljeni s posebnim materijalima



za arhiviranje i staklom za UV filtriranje. Iz navedenih činjenica proizlazi da u odnosu na sposobnost arhiviranja, inkjet otisci ne samo što se mogu nositi ravnopravno s tradicionalnim fotografijama, nego su i bolji od njih. Ukoliko su izloženi svjetlosti, standardni kolor otisci počinju blijediti za 20 ili manje godina (32). Kombiniranjem neoriginalnih inkjet boja i papira, što ujedno predstavlja najnepovoljnija opcija, dobivaju se otisci čija trajnost iznosi 0,1-1,2 godina (4). Na trajnost otiska utječe više čimbenika među kojima i temperatura, vlažnost i kvaliteta zraka i, prije svega, svjetlo (6,25).

Prije manje od desetak godina, trajnost inkjet boja i papira mjerila se češće u mjesecima nego u godinama, a već se danas može mjeriti u dekadama (33). Danas je veliki broj zainteresiranih profesionalaca koji zastupaju različite pristupe u testiranju inkjet otisaka među kojima i sve veću preciznost prilikom definiranja »primjetnog izbljeđivanja« i konstantne korekcije prilikom izrade projekcija za trajnost otisaka (37). Postojanost inkjet otisaka od velike je važnosti, pogotovo kada se isti koriste kao probni otisci u grafičkom procesu.

## 1.6. Probni otisak i vrste probnih otisaka

Proofing tj. izrada probnog otiska, jedan je od važnijih koraka u procesu grafičke proizvodnje. Danas, sa sve većom digitalizacijom grafičkog procesa i razvojem proofing tehnologija, proofing postaje jednostavniji, ali ne i manje bitan.

Primjenom probnog otiska, kupcu se prezentira prototip finalnog proizvoda koji će se proizvoditi u tiskari – na taj se način izbjegavaju greške pri radu. Probni otisak je veza između proizvoda kojeg nudi tiskara i očekivanja kupca. Većina tiskara, ali i kupaca ne odobravaju početak proizvodnje bez postojanja probnog otiska potpisanog od strane kupca, pogotovo ako se radi o velikoj nakladi. Takav probni otisak omogućava lakše zadovoljivanje potraživanja kupca i lakše utvrđivanja odgovornosti za napravljene greške pri radu.

Efikasni proofing sustav osigurava sposobnost izrade svih probnih otisaka neophodnih za poslovne odnose s kupcima. Kod grafičkih procesa najčešće su zastupljene tri različite vrste probnih otisaka i to:

- sadržajni (uvodni);
- pozicijski (impozicijski), za strance i
- dogovorni (finalni probni otisak prema kojem će se završiti naklada).

Danas kupci preferiraju veći dio sadržajnog proofinga završiti sami – što znači da su materijali pristigli u tiskari sa točno utvrđenim sadržajem, jer su prethodno provjereni sa strane kupca. Ali, to ne znači da neće biti promjena sadržaja tijekom grafičkog procesa. Naime, greške sadržaja mogu biti primjećene u bilo kojoj fazi procesa, ali samo ukoliko se to desi prije izrade tiskovnih formi, napravljene izmjene neće izazvati bitno povećanje cijene proizvoda.

Danas većina tiskara izrađuje impozicijske probne otiske primjenom inkjet printera – ti se probni otisci koriste za finalnu provjeru točnosti sadržaja i impozicije stranica.

Ponekad je impozicijski ujedno i jedini izrađeni probni otisak, a pritom se koristi i za provjeru ispravnosti boja. Ukoliko sadrži i potpis kupca, takav se probni otisak može tretirati i kao ugovorni. U drugim se slučajevima za tu namjenu izrađuje posebni probni otisak s menadžiranim bojama kojeg potpisuje kupac (9).

Inkjet se tehnologija može koristiti za izradu bilo kojeg od tri navedena probna otiska. Inkjet printeri za probne otiske koji imaju relativno niske cijene, u kombinaciji sa odgovarajućim kalibriranim proofing softverom, sve više postaju pravi standard za probne otiske u svim fazama grafičkog procesa. Kombiniranjem početnog monitorskog (soft) proofinga s kasnijim impozicijskim i dogovornim probnim otiscima napravljenim na digitalnim inkjet printerima za proofing, može se postići sveobuhvatni proofing proces. PDF je idealan format za monitorski proofing zbog toga što može biti pregledavan na kompjuterskom monitoru skoro svugdje i od svakog. Monitor bi trebao biti kolor kalibriran kako bi se mogao provesti propisani monitorski proofing (9,23). Svaki monitor ne može biti kolor kalibriran; zbog toga se i ne može koristiti za profesionalan grafički rad (15).

Cilj je svakog ICC profila osigurati konzistentnu boju, neovisnu o opremi tijekom kompletnog proizvodnog procesa. ICC profili pojednostavljaju proofing proces koji se odvija između dizajnera i tiskara zbog toga što i jedni i drugi rade sa istom kolor referencom. Dizajneri s preciznošću dobivaju tražene boje onda kada tijekom dizajniranja koriste isti kolor profil koji će se koristiti na tiskarskom stroju. Isto vrijedi i za kompanije koje imaju više tiskara na različitim lokacijama – korištenjem točno određenih ICC profila biti će u mogućnosti postići iste boje otisaka napravljenima u različitim tiskarama. Drugim riječima, ICC profili garantiraju sigurnost korisnicima da će njihovi otisci zadržati vjerodostojnost boje kod različitih sustava i aplikacija, ali i na različitim lokacijama. Također, ICC profili omogućavaju tiskarama kreiranje pojedinačnih profila za različite operative sustave (9).

Prilikom određivanja ICC profila za određeni posao, pored podešavanja drajvera uređaja koji se koristi, u obzir bi se trebali uzeti i boja i papir koji će se koristiti u procesu tiskanja. Dobar proofing sustav treba osigurati standardne profile za sve zamišljene kombinacije i automatski pozvati odgovarajući ICC profil onda kada korisnik podesi parametre za boju podlogu i tiskanje (9). U tablici 1 prikazane su specifikacije različitih sustava koji se koriste za proofing. Od njih ovisi izbor pravog proofing rješenja (13).

Tablica 1. Usporedba proofing sustava (++++ = izvrstan; +++ = dobar; ++ = prosječan; + = loš)

Sustavi	Brzina	Kvaliteta	Cijena
Sustavi koji koriste filmove	+	++++	4/4
Vrhunski/skupi inkjeti	++	+++	3/4
Inkjeti s RIP-om	+++	++	2/4
Bazični inkjeti	+++	+	1/4
Digitalni tiskarski strojevi*	++	++++	2/4

\*Kod digitalnih tiskarskih strojeva najisplativije je u svojstvu probnog otiska koristiti jednu od otisnutih preslika

Uređaj za proofing može koristiti boje i tiskati na podlogama različitim od onih koje se koriste kod tiskarskih strojeva; to dodatno komplicira poklapanje dogovornog probnog otiska s finalnim proizvodom tiskanja. Na otisku napravljenim na visokokvalitetnom premazanom papiru dobivaju se intenzivnije boje nego na onom napravljenim na jeftinijem, naravnom papiru. Nikako se ne može postići poklapanje finalnog proizvoda tiskanja napravljenim na naravnom, s dogovornim probnim otiskom napravljenim na premazanom papiru.

Dobro proofing rješenje treba ponuditi ICC profile za različite kombinacije modela printera, vrsta papira i vrsta boja. Neke kompanije za proofing rješenja nude i više vrsta papira napravljenih da funkcioniraju efikasnije s hardverom i softverom njihovog vlastitog proofing sustava (9).

## 1.7. Primjena inkjet tehnologije za izradu probnih otisaka

Dizajner zna kako bi trebao izgledati finalni otisnuti proizvod. Probni otisak omogućava uočavanje grešaka u tekstu i njegovo pozicioniranje, ali i probleme s bojama; najveća je dizajnerova odgovornost za njihovo uklanjanje (13).

Kolor proofing, pa čak i dogovorni proofing prijelaz je iz »bolje nego što treba biti« u »dobro koliko mora biti«. To je omogućeno brzom evolucijom inkjet tiskanja.

Veliki je broj kompanija za proofing usluge koje koriste inkjet printere za kreiranje čistih točkastih (rasterskih) proofova direktno iz RIP-ovanih i 1-bitnih TIFF datoteka. Kolor rasponi koje mogu postići inkjeti zadovoljavaju potrebe većeg dijela tržišta. Sve češće se koriste inkjet printeri za kreiranje probnih otisaka na račun smanjene uporabe starijih proofing sustava temeljenim na filmu (11). Tijekom zadnjih nekoliko godina, digitalni kolor menadžment i inkjet tehnologija omogućavaju generiranje vjerodostojnih probnih otisaka za kratko vrijeme i po niskoj cijeni.

Usvajanjem PDF-a Adobe-a kao medij za isporuku dokumenata pripremljenih za tiskanje, praktički nema potrebe za ljudskom intervencijom između dizajnera i otisnutog proizvoda. PDF je sekundarni format datoteke kreirane iz drugih datoteka. Karakteriziran je malom veličinom koja ubrzava njegov elektronski prijenos; može biti reproduciran na bilo kom uređaju za proofing ili po mogućnosti, na bilo kom tiskarskom stroju.

Adobe je predstavio PDF kao univerzalnu vrstu datoteke za prijenos i tiskanje biznis dokumenata. Danas, između ostalog, PDF predstavlja standardni format i za isporuku proofova. Najavljen je kao ključni format grafičke pripreme i eliminator filma, tiskovnih formi, čak i repro studija (13).

Kolor menadžment koji je već stekao povjerenje tiskarske industrije, danas predstavlja bitni segment pristupa tiskara procesnoj kontroli.

Mjerenjem i testiranjem, kako izjavljaju zagovarači kolor menadžmenta, mogu se prilagođavati procesne boje sve dok se ne dobije kvalitetan otisak na tiskarskom stroju. Veliki je broj konzultanata koji zagovaraju umnožavanje profila za svaku moguću kombinaciju papira, tiskarskog stroja i vrsta korištenih boja. Bilo kako bilo, generiranje ogromnog broja profila za tiskarski je stroj krajnje nepraktično zbog snalaženja.

Zahvaljujući ICC izlaznih profila baziranih na standardima, kreativcima je omogućeno koristiti blagodate kolor menadžmenta i bez prijašnjeg znanja tko će realizirati tiskanje (18).

Korištenje sustava za kolor menadžment i proofing sustava baziranim na ICC profilima za uređaje i materijale, danas je više nego neophodno, kao što je i primjena alata za kreiranje namjenskih profila za pojedine uređaje i situacije. Upravo su ove tehnologije omogućile inkjetu simuliranje konačnih rezultata iz tiskarskog stroja. Samo operateri tiskarskih strojeva ne mogu biti profilirani.

Proofing ima auru kliničke sigurnosti, ali je češće i više nego sustav baziran na povjerenje. Mora se nadati da će oko vidjeti original, proof i finalni otisak na isti način i pored toga što ljudsko oko ne može biti ICC profilirano (svako oko vidi drugačije) (11).

Da li kod proofa ima nešto mjerljivo kao na pr. strip? Najčešće nema. Proof sadrži samo kolor sliku. Da li je proof napravljen ispravno? Da li je napravljen prema određenim propisima? Da li odgovara uvjetima pri kojima će se odvijati tiskanje? Najveći su problem u grafičkoj industriji proofovi napravljeni bez ijednog elementa procesne kontrole. Proofovi dolaze i iz velikog broja printera između ostalih i iz laserskih printera. Neki od njih mogu se profilirati kako bi odgovarali odgovarajućim tiskarskim uvjetima, a neki ne. Zbog toga je preporučljivo da se pazi prilikom izbora (29).

Svakako da se može reći da je proof »kvalitetan za potpisivanje ugovora«, ali bez potpisivanja uključenih strana ne može se postići dogovor. U virtualnom svijetu u kojem je nemoguće rukovanje, potvrđivanje predstavlja odgovarajuća zamjena. Definiranije je i sigurnije ugovorni proof deklarirati kao »potvrđni« nego kao »verificirani«.

Bazični koncept koji se krije iza potvrđenog proofa je provjera spektrofotometrom i usporedba dobivenih rezultata sa standardnim profilom kao što su SWOP ili FOGRA. Ako odstupanja boja od propisanih vrijednosti (oficijalna oznaka  $\Delta E$ ) su unutar prihvatljivih raspona, proof se potvrđuje kao prilagođen i vjeran (11). Kako bi se to realiziralo, potrebno je da svaki proof nosi svoj vlastiti kolor strip (baziran na standardima) koji se treba izmjeriti spektrofotometrom (prema  $L^*a^*b$  sustavu) ili denzitometrom (11,29).  $L^*a^*b$  sustav dizajniran je kao instrumentalno neovisan tj. neovisan o skeneru, monitoru, printeru (39). Potvrđeni je proof prepoznatljiv po naljepnici sa sažetkom rezultata testiranja uz pečat odobravanja (11). Europske kompanije uočavaju da veliki broj tiskara iz SAD-a ne primjenjuju SWOP standard (18).

RIP predstavlja specijalizirani softver za PC/Mac koji pretvara tekst i crteže iz PostScript-a u skupove odgovarajućih rasterskih točaka koje se mogu reproducirati na imagesetteru ili na digitalnom tiskarskom stroju.

Dio posla RIP-a je da upravlja kreiranjem rasterskih točaka, čime se slike i boje koje se reproduciraju prilagođavaju za tiskanje. Kvaliteta je RIP-a skoro toliko važna koliko i kvaliteta hardvera povezanog s njim; i pored činjenice da bazični inkjet printeri nude visoke rezolucije i impresivno tiskanje fotografija, rijetko podržavaju PostScript, što znači da se prijelomi stranica i slika reproduciraju na drugačiji način nego što to radi odjel za pripremu, ako ih uopće mogu reproducirati.

Izbor papira ili druge vrste podloge za tiskanje i veličina naklade diktiraju ne samo vrstu korištene tiskarske tehnologije, nego i način kreiranja datoteka, uključujući i izbor prikladne vrste i veličine rasterskih točaka (13).

Pogon u kojem se realizira tiskanje orijentiran je najčešće AM rasteru. Radnici nisu skloni FM proofovima i proofovima koji sadrže rasterske CMYK ilustracije (11).

Kontroliranje procesnih boja temelj je kvalitetnog tiskanja. To je neophodno kako bi se dobio visokokvalitetan otisak i kako bi se odredilo gdje je korijen problema. Provođenjem mjerenja za procesnu kontrolu započinje registriranje grešaka napravljenih na tiskarskom stroju pa i ranije.

Kontrola tiskanja procesnih boja kompleksna je i viševarijabilna. Kolor menadžment s kojim započinje kvalitetna reprodukcija, lako se može pretvoriti u smo još jednu dobru namjeru. To se može dogoditi samo ukoliko procesna kontrola nije implementirana kako bi djelovala na svakom koraku kolor menadžmenta (29).



## **2. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Cilj je ovog istraživanja utvrditi:

1. postoje li razlike između najkvalitetnijeg i probnog otiska – proofa otisnutom na jednom te istom inkjet printeru;
2. ukoliko postoje razlike, kojih su razmjera iste i da li najkvalitetniji inkjet otisak može poslužiti kao proof;
3. da li se svaki inkjet printer može koristiti (da li je pogodan) za proofing;
4. da li je potreban i dovoljan samo kvalitetan inkjet printer za izradu kvalitetnog probnog otiska i
5. da li, i ukoliko da, kako djeluje izbor inkjet boja i papira na kvalitetu probnog otiska.

### **2.1. Problem**

Kod većinu grafičkih kompanija proofing se svodi na obično (neprofilirano i neprikladno rastrirano) tiskanje inkjetom, ponekad laserskim ili LED (Light-Emitting Diode) kolor printerom na bilo kakvom, pa čak i na naravnom 80-gramskom papiru. Od tamo proizlazi neminovnost postojanih nesporazuma na relaciji kupac – tiskara, koji su i još veći ukoliko tzv. inkjet proof izgleda bolje nego otisci naklade. Naime, neprikladno izrađen inkjet otisak, koji se i pored toga prihvaća kao probni, može biti kvalitetniji od otisaka dobivenim nekom od konvencionalnih tehnika tiska.

Mali je broj grafičkih kompanija koje posvećuju potrebnu, a istodobno i neophodnu pažnju proofingu.

### **3. MATERIJAL I METODE**

Za potrebe ovog magistarskog rada razvijena je posebna datoteka za reprodukciju koja je tiskana na različitim vrstama inkjet printera. Pored ostalih elemenata, datoteka za reprodukciju sadrži i kontrolni strip. Tiskano je pomoću istog softvera i uglavnom na istom papiru. Kvaliteta napravljenih otisaka određena je pomoću mjerenja kontrolnog stripa te vizualne kontrole od strane anketiranih osoba.

Pomoću Gretag Macbeth D19C denzitometra mjereni su po 5 od ukupno 10 napravljenih otisaka na svakom pojedinačnom printeru. Pritom su učinjena neznatna odstupanja zbog opravdanih razloga opisanih dalje u tekstu. Svi prikazani rezultati mjerenja denzitometrom predstavljaju srednje vrijednosti dobivenih vrijednosti od pet neovisnih mjerenja. Broj vrijednosti koje u velikoj mjeri odstupaju od ostalih istorodnih vrijednosti nije značajan, a iste su isključene iz statističke obrade podataka. Tako obrađeni rezultati uspoređeni su međusobno, ali i s propisanim vrijednostima iz literature. Dobiveni otisci svih printera uspoređeni su s otiskom (proofom) kalibriranog printera (proofera) tiskanim na posebnom papiru.

U radu su priloženi otisci tiskani na izabranim printerima (Prilog 1).

### **3.1. Datoteka za reprodukciju**

Na otiscima je prikazana naslovna stranica ženskog modnog magazina. S njezine su gornje i donje strane aplicirani segmenti kontrolnog stripa.

Za potrebe istraživanja razvijen je poseban, sveobuhvatni kontrolni strip, a za njegovu su izradu korištene različite vrste stripova navedenih u literaturi.

Fotografija naslovne stranice skenirana je sa dijapozitiva i prikladno pripremljena za reprodukciju u Adobe Photoshop CS2. Kontrolni strip, montiranje naslovne stranice i datoteka za reprodukciju izrađeni su u Adobe Illustrator CS2.

Tiskano je preko Adobe Acrobat Professional 6.0 iz \*.pdf datoteke za reprodukciju dobivene prikladnom Illustrator (\*.ai) datotekom.

### **3.2. Printeri**

Za potrebe ovog rada tiskani su otisci na ukupno 16 printera četiriju vrhunskih svjetskih proizvođača poredanih prema abecedi: Canon (3 printera), Epson (5 printera), HP (7 printera) i Xerox (1 printer).

Tablica 2. Izabrani inkjet printeri za analizu, njihove značajke i oznake

Oznaka printera	Marka i model printera	Maksimalna rezolucija tiskanja [dpi]	Postupak tiskanja	Minimalna veličina kapljice [pikolitri]	Boje koje se koriste	Najveći dopušteni format podloga za tiskanje	Dopuštene debljine podloga za tiskanje	Platforma
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
P1	EPSON Stylus Photo 2100	2880×1440	micro piezo (varijabilna veličina kapljice)	4	cijan, magenta, žuta, crna, svjetli cijan, svjetla magenta, svjetla crna	A3+	do 1,3mm	Windows, Mac OS
P2	CANON i255	4800×1200	bubble jet	/	cijan, magenta i žuta; crna	A4	/	Windows, Mac OS
P3	HP DeskJet 1120C	600×600	thermal inkjet	10	cijan, magenta i žuta; crna	A3	/	Windows, MS-DOS
P4	XEROX Phaser 8400	2400, 600×600	solid ink	/	cijan, magenta, žuta, crna	A4	/	Windows, Mac OS, Unix
P5	EPSON Stylus Color 3000	1440×720	micro piezo	/	cijan, magenta, žuta, crna	A2	od arka 0,065-0,11mm; od role 0,065-0,1mm	Windows, Mac OS
P6	HP DesignJet 120nr	2400×1200	thermal inkjet	4	cijan, magenta, žuta, crna, svjetli cijan, svjetla magenta	A1	od arka 0,2-0,4mm	Windows, Mac OS
P7	EPSON Stylus Photo 900	5760×720	micro piezo	/	cijan, magenta, žuta, svjetli cijan i svjetla magenta; crna	A4	od arka 0,08-1,3mm	Windows, Mac OS
P8	CANON i550	4800×1200	bubble jet	/	cijan, magenta, žuta, crna	A4	/	Windows, Mac OS
P9	HP DeskJet 1220C	2400×1200	thermal inkjet	/	cijan, magenta i žuta; crna	A3	/	Windows, Mac OS, MS-DOS

P10	HP DesignJet 500 <sup>PS</sup>	1200×600	thermal inkjet	4 (kolor) i 18 (crna)	cijan, magenta, žuta, crna	A0+	/	Windows, Mac OS
P11	HP PSC 1510 All-in-One	4800×1200	thermal inkjet	/	cijan, magenta i žuta; crna	A4	/	Windows, Mac OS
P12	CANON PIXMA iP1000	4800×1200	bubble jet	5	cijan, magenta i žuta; crna	A4	/	Windows, Mac OS
P13	EPSON Stylus Pro 9600	2880×1440	micro piezo DX3 (varijabilna veličina kapljice)	4	cijan, magenta, žuta, crna, svjetli cijan, svjetla magenta, svjetla crna	B0	od arka 0,8-1,5mm; od role 0,5-0,8mm	Windows, Mac OS
P14	HP Officejet Pro K550	4800×1200	thermal inkjet	/	cijan, magenta, žuta, crna	A4	/	Windows, Mac OS, Linux
P15	HP Officejet 7310 All-in-One	4800×1200	thermal inkjet	/	cijan, magenta i žuta; crna	A4	/	Windows, Mac OS
P16	EPSON Stylus Photo R1800	5760×1440	micro piezo	1,5	cijan, magenta, žuta, foto crna, mat crna, plava, crvena, sjaj	A3+	od arka 0,08-0,11mm	Windows, Mac OS

Tablica 2 sastavljena je od dostupnih podataka izvučenih iz specifikacija printera pripremljenih od njihovih proizvođača. U njoj su printeri podređeni i označeni prema datuma tiskanja (prvi su otisci tiskani na P1, a zadnji na P16 printera).

Kod P1, P4, P5, P7, P13 i P16 printera zastupljen je piezo, a kod ostalih printera termalni/bubble jet postupak tiskanja. P4 printer spada u skupini hot melt inkjet printera.

Svi printeri, s rijetkim izuzecima (P11, P12 i P15) u matičnim se kompanijama koriste za izradu proofova.

Otisci/proofovi printera/proofera P13 tiskani su primjenom Photo Print Server Pro RIP-a:

- **ICC:** CMYK: U.S. Web Coated (SWOP) v2, RGB: Adobe RGB (1998), Gray: U.S. Web Coated (SWOP) v2;
- **Rendering intent:** Bitmap: Perceptual, Vector: Relative colorimetric, Text: Relative colorimetric;
- **Resolution:** 720×720dpi.

### 3.3. Papiri

S izuzetkom otisaka printera P6 i P9, svi ostali otisci tiskani su na mat papiru s gramaturom 190g/m<sup>2</sup> češkog proizvođača Koh-I-Noor Hardtmuth. Zbog evidentiranih problema ulaženja kod navedena dva printera korišten je papir iste vrste, ali manje gramature (120g/m<sup>2</sup>).

Zbog usporedbe s otiscima tiskanim na Koh-I-Noor papiru, na printerima P1 i P16 tiskani su i otisci na Epson Archival Matte papiru s gramaturom 192g/m<sup>2</sup>. I navedeni su otisci mjereni i uzeti u obzir prilikom obrade rezultata.

Otisci na printeru P10 tiskani su na Kodak Premium Photo Matte papiru s gramaturom  $180\text{g/m}^2$  zbog izuzetno slabe kvalitete otisaka dobivenih na Koh-I-Noor papiru. Zbog nedostatka papira, tiskan je dovoljan broj otisaka za mjerenje ali ne i za prilaganje u primjercima rada.

Otisci (proofovi) kalibriranog printera P13 tiskani su na posebnom papiru za tu namjenu – Efi Best Proof Paper 9180 Semimate s gramaturom  $180\text{g/m}^2$ .

Osim kod printera P10 i P13 kod kojih je tiskano s role, kod svih ostalih printera tiskano je na arkove formata A4.

U konačnici, mjereno je po 6 otisaka iz printera P1 i P6, 3 otisaka iz printera P10 i po 5 otisaka iz svih preostalih 13 printera. Dakle, ukupan broj izmjerenih otisaka iznosi 80.

### **3.4. Metode rada**

Svi praćeni parametri otisaka, pristup u njihovom praćenju i razlozi za njihovo uključivanje u ovo istraživanje redosljedno su opisani u nastavku.

Gustoća je obojenja mjerena na 21 polja za svaku od procesnih boja i to:

- polje bez rastera (0%) zbog prilagodbe denzitometra na papir (kalibracija);
- polja s 1%, 2%, 3%, 4% i 5% pokrivenosti površine, zbog otvaranja rastera;
- polja s 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% i 90% pokrivenosti površine, zbog povećanja zacrnjenja (obojenja) i
- polja s 95%, 96%, 97%, 98%, 99% i 100% pokrivenosti površine, zbog zatvaranja rastera do punog tona.

Praćenje otvaranja rastera i njegovo zatvaranje do punog tona opravdano je zbog činjenice da današnja inkjet tehnologija nudi veliku preciznost i visoku razinu kvalitete otiska. Vrijednosti gustoće obojenja kod otisaka iz ostalih 15 printera uspoređene su s onima od proofova tiskanih na printeru P13 (prooferu). Prilikom komentara dobivenih vrijednosti, uzeti su u obzir i rezultati upitnika za vizualno ocjenjivanje kvalitete otisaka.

Dot-gain koji se još naziva i pozitivna deformacija, predstavlja povećanje rasterske točke. Provedena su mjerenja praćenja dot-gaina kod svih procesnih boja, na način da je: najprije mjerena gustoća obojenja polja s punim tonom određene/prikladne boje, zatim gustoća obojenja polja s 80%tne i na kraju one polja s 40%tne pokrivenosti površine. Procentualne vrijednosti dot-gaina (kod polja s 80%tne i 40%tne pokrivenosti površine) dobivene su temeljem Murray-Daviesove jednačbe. Postoji i negativna deformacija rasterske točke, koja se, za razliku od pozitivne, javlja izuzetno rijetko prilikom tiskanja. Pozitivna greška izaziva pojačanje, a negativna izbljeđenje određene boje otiska. Obje greške otežavaju postizanje traženih rezultata.

Mjerenjem trappinga određuje se transfer druge na prvu, prethodno otisnutu boju. Kod konvencionalnih tehnika tiskanja, vrijednost trappinga dobija se na način da se najprije mjeri gustoća obojenja punog tona prvootisnute boje, zatim one drugootisnute i na kraju, gustoća obojenja boje dobivene tiskanjem punih tonova obiju boja na istoj površini (trapping polje). Trapping je izražen kroz dobivenu procentualnu vrijednost na kraju mjerenja. Kod inkjet tehnologije, sve se boje tiskaju istovremeno. Upravo zbog toga, kod otisaka su praćene i provođene samo vrijednosti gustoće obojenja trapping polja.

Balans sivog pokazuje da li je ostvarena ravnoteža između cijana, magente i žute boje na otisku, a taj se uvjet ne može lagano zadovoljiti prilikom tiskanja. Za praćenje balansa sivog potrebna su najmanje dva polja i to: polje s otisnutim strogo određenim rasterima cijana, magente i žute boje koje skupa daju akromatsku sivu boju te polje s otisnutim prikladnim rasterom crne boje koji odgovara sadržaju prethodnog polja. Polja se



međusobno uspoređuju (vizualno ili mjerenjem) i moraju biti približno jednaka. Balans sivog praćen je na ukupno 14 polja stripa (7 para sa po 2 polja) i to:

- C10 M6 Y6 u odnosu na K10 sivo polje;
- C20 M12 Y12 u odnosu na K20 sivo polje;
- C40 M27 Y27 u odnosu na K40 sivo polje;
- C60 M45 Y45 u odnosu na K60 sivo polje;
- C80 M65 Y65 u odnosu na K80 sivo polje;
- C100 M85 Y85 u odnosu na K100 sivo polje i
- C75 M62 Y60 u odnosu na K80 sivo polje.

Kod međusobno odvojenih parova stripa i otiska, najprije su postavljena K, a zatim CMY siva polja. Koliko su bliže izmjerene vrijednosti gustoće obojenja za polja para, toliko su bliža i njihova siva obojenja. Kod inkjet se tehnologije svaka siva boja dobija kad se na istoj površini (podlozi) tiskaju rasteri od više različitih boja, najčešće četiri procesne. Od tamo proizlazi potreba za veći broj polja za praćenje balans sivog.

Simulirano zlato otisaka dobija se na način da se na istoj površini nanose 20% magente, 70% žute i 20% crne boje. Za potrebe ovog istraživanja izmjerena je gustoća obojenja simuliranog zlata (zadnje polje kontrolnog stripa u gornjem desnom kutu otiska). Dobivene su vrijednosti uspoređene s rezultatima upitnika vizualno ocjenjivanje kvalitete otisaka. Na taj je način utvrđena optimalna vrijednost gustoće obojenja simuliranog zlata.

Metodom maksimalnog tiskarskog kontrasta kod konvencionalnih se tehnika postiže optimalno obojenje prilikom procesa tiskanja. Relativni tiskarski kontrast ( $K_{rel}$ ) izračunat je posebno za svaku procesnu boju primjenom formule:

$$K_{rel} = \frac{D_{pp} - D_r}{D_{pp}}, \text{ gdje je:}$$

$D_{pp}$  – gustoća obojenja punog (ton) polja, a

$D_r$  – gustoća obojenja polja s 80%tne pokrivenosti površine (3).

Povećanjem vrijednosti  $K_{rel}$ , poboljšava se raspon obojenja, a time i kvaliteta otiska.

Zadnja dva polja stripa, postavljena u donjem desnom kuti svakog otiska, služe za usporedbu punog tona crne boje (K100) s kompozitnom (CMY) crnom bojom dobivenom tiskanjem punih tonova cijana, magente i žute bojena istoj površini. Gustoća obojenja CMY polja trebala bi biti što je moguće bliža do one K100 polja. CMY boja može se tretirati kao crna samo teoretski; praktički ona je tamno smeđa boja zbog nečistoće boja od kojih se dobija. Upravo to je i razlog zbog kojeg se trima osnovnim bojama uključuje i četvrta – crna boja koja se još naziva i ključna («key color«, skraćeno K) (35). Kontrolni stripovi za digitalno tiskanje najčešće sadrže K100 i CMY polja postavljena jedno do drugog.

Barkod je smješten u donjem lijevom kutu svakog pojedinačnog otiska. Njegova crna boja, sastavljena od četiri procesne boje, omogućava utvrđivanje mogućeg razlijevanja boje zbog njezinog velikog nanosa na istoj površini papira. Veće razlijevanje boje na papiru uzrokuje manju čitljivost barkoda. Prosječnim barkod čitačem napravljena su tri barkod čitanja otisaka različitih printera. Na taj je način utvrđena čitljivost barkodova.

Upitnik za vizualno ocjenjivanje kvalitete otisaka (Prilog 2) proveden je kod dvije ciljane skupine ispitanika: grafičari (ispitanici grafičke struke i profesije) i negrafičari (ispitanici – laici u grafičkoj struci i profesiji). Ukupni broj anketiranih osoba iznosi 20 od kojih 10 grafičara (s iskustvom u praksi od 4 do 35 godina) i isti broj negrafičara. Ocjenjivanje svakog pojedinačnog otiska ispitanici su ostvarili određivanjem jedne od slijedećih zadanih opisnih ocjena: Izvrstan (10 boda); Vrlo dobar (9 boda); Dobar (8 boda); Dovoljan (7 boda); Može proći (6 boda); Ne može proći (5 boda); Nedovoljan (4 boda); Loš (3 boda); Jako loš (2 boda) i Neprihvatljiv (1 bod). Ista se je ocjena mogla dodjeliti za maksimum dva različita otiska. Nakon provođenja upitnika napravljeno je rangiranje otisaka prema ukupnom broju dobivenih bodova od anketiranih ispitanika. Za usporedbu otisaka s monitorskim prikazom pripreme, prilikom anketiranja je korišten kalibrirani monitor Lacie Electron 19 Blue IV.

Upitnik o specifičnostima u korištenju printera (Prilog 3) proveden je kod operatera printera u kompanijama u kojima su napravljeni otisci. Pomoću ovog upitnika praćeni su slijedeći parametri:

- duljina uporabe printera i ukupni broj napravljenih otisaka (ovi se parametri odnose na na stupanj amortiziranosti printera);
- učestalost korištenja i uvjeti prilikom kojih se koriste printeri (ovi se parametri odnose na način korištenja printera) i
- vrste korištenih boja i podloga za tiskanje (ovi se parametri odnose na porijeklo i kompatibilnost istih).

Svi navedeni parametri direktno djeluju na kvaliteti otiska – od tamo proizlazi i opravdanost njihovog praćenja.

### **3.5. Postupak**

U jednogodišnjem vremenskom razdoblju (od studenog 2005. do studenog 2006. god.) završena je priprema datoteke za tiskanje, završeno je tiskanje otisaka te je kompletirano mjerenje istih.

Jednotjedna priprema datoteke za tiskanje obavljena je početkom studenog 2005.godine, nakon čega se je počelo s tiskanjem. Tiskanje je završeno krajem veljače 2006. Usporedno s tiskanjem, u grafičkim kompanijama u kojima se tiskalo, provedeno je i anketiranje operatera kako bi se utvrdili specifičnosti korištenja odabranih printera.

Mjerenja otisaka obavljena su u tiskari »Fustelarko Borec« AD u Bitoli, Republika Makedonija, u razdoblju od sredine kolovoza do kraja studenog 2006. godine.

U razdoblju od sredine ožujka do sredine travnja 2007. godine provedeno je istraživanje pomoću upitnika za vizualno ocjenjivanje kvalitete otisaka kod 20 ispitanika.

Čitanje barkodova otisaka napravljeno je u servisu skopske kompanije »David kompjuteri« DOO u Bitoli, Republika Makedonija krajem lipnja 2007. godine.

Napominjem da je sve ove aktivnosti proveo samostalno glavni istraživač tj. sam autor ovog magistarskog rada.

### **3.6. Statistička obrada podataka**

Dobiveni podaci iz upitnika korištenih kao instrumentarij u ovome istraživanju najprije su preneseni na elektronički medij, a zatim podvrgnuti računalnoj statističkoj obradi. Kompletna statistička obrada podataka u ovom istraživanju provedena je pomoću kompjutorskog SPSS statističkog paketa (Statistical Package for Social Sciences).

Za sve su mjere upitnika za vizualno ocjenjivanje kvalitete otisaka prikazane distribucije rezultata i izračunati osnovni deskriptivni statistički parametri (aritmetička sredina, standardna devijacija). Testiranje razlika među skupinama provedeno je t-testom za male nezavisne skupine.

U izradi magistarskog rada, osim navedenog statističkog paketa SPSS (za statističku obradu podataka), korišteni su još i sljedeći kompjutorski programi: Microsoft Word XP (za obradu teksta), Microsoft Excel XP (za obradu podataka), Adobe Photoshop CS3 i Corel Draw X3 (za obradu slika), te Microsoft Power Point XP (za prezentaciju).

## 4. REZULTATI

### 4.1. Gustoća obojenja procesnih boja otisaka

Zbog malih RTV, vrijednosti gustoće obojenja polja s 1-5% RTV iznimno su male i bliske kod svakog pojedinog od izabranih printera i za svaku od procesnih boja (slike 11,12,13 i 14). Isto, ali s određenim, rijetkim iznimcima vrijedi i za polja s 95-100% RTV. Prema tome, grananje krivulja započinje od 10% RTV na apscisi.

Bez obzira na konstantno baždarenje denzitometra u odnosu na papir, kod malog broja mjerenja praznog polja (0% RTV) registrirane su neznatno veće, pa čak i manje od 0 vrijednosti gustoće obojenja. Zbog toga se iste ne uzimaju u obzir.

Uglavnom, najveće vrijednosti gustoće obojenja cijana (slika 11) primjećene su kod P2 printera od kojih najveća je ona polja s 98% RTV (1,818). Samo polje s 80% RTV kod P14 printera ima značajno veću vrijednost gustoće obojenja (1,774) od one istog polja kod P2 printera (1,692). Najmanje su gustoće obojenja P6 printera (100% RTV – 0,894). Šest od odabranih printera imaju veće vrijednosti gustoće obojenja polja punog tona (100% RTV) od one printera P13 (1,102).

Najveće vrijednosti gustoće obojenja magente (slika 12) primjećene su ponovno kod P2 printera. Najveća od njih je ona polja s 99% RTV (2,082). Printeri P2 i P5 imaju identične vrijednosti gustoće obojenja za polje s 80% RTV (1,180). Printer P10 ima najmanje gustoće obojenja za polja s 80, 90, 95, 96, 97 i 98% RTV, a printer P9 za polja s 99% RTV (1,170) i 100% RTV (1,176).

Sedam od odabranih printera imaju manje vrijednosti gustoće obojenja polja punog tona od one printera P13 (1,438).

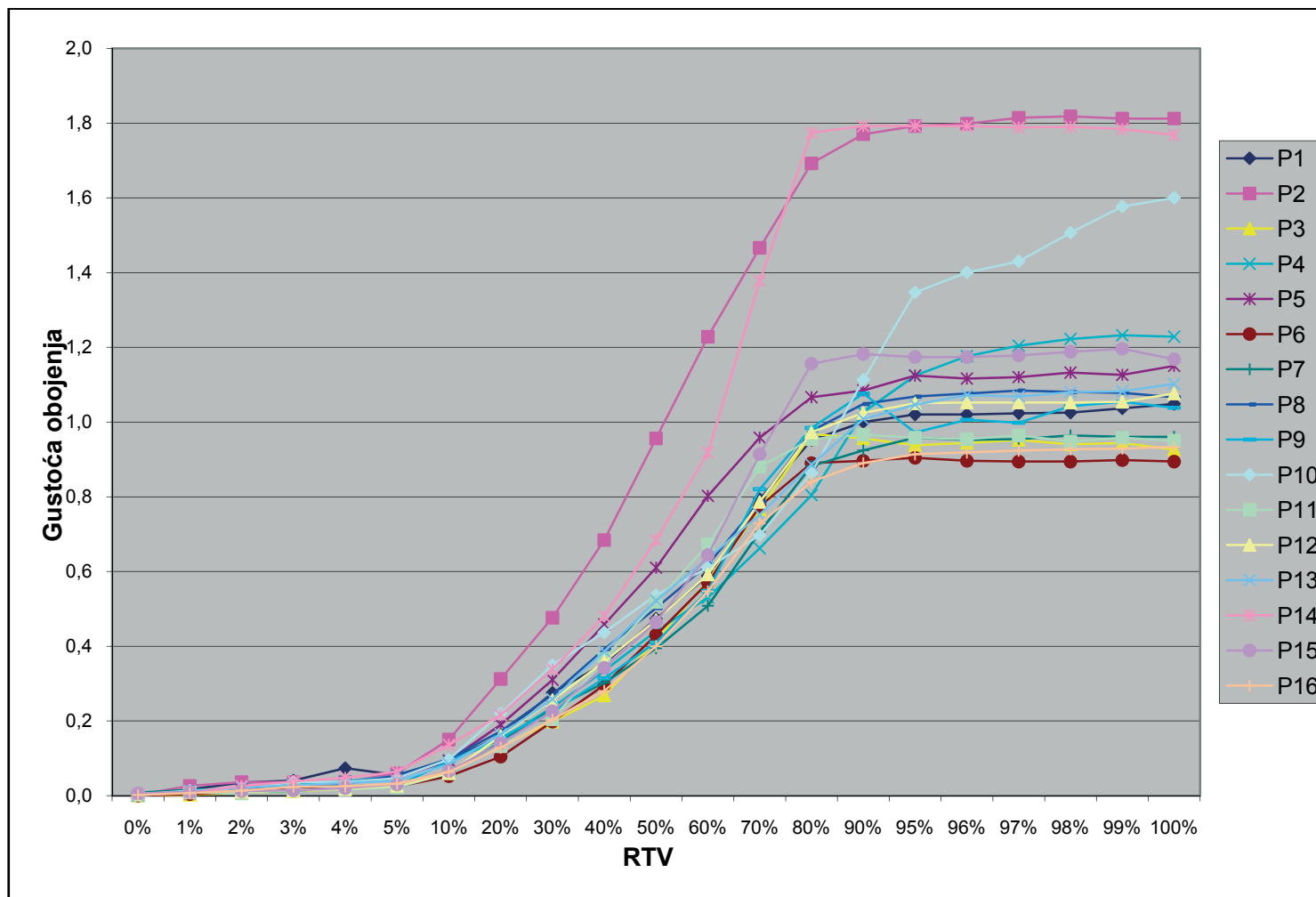
Printer P11 koji ima skoro najmanje gustoće obojenja žutih polja sve do 50% RTV, već od polja s 90% RTV bilježi najveće takve vrijednosti od kojih najveća je ona polja s 95% RTV (1,702) (slika 13). Slično je stanje i kod P3 printera čije gustoće obojenja od

najmanjih za polje s 60% RTV rastu do drugih po veličini za polja s 90-100% RTV. Iznenadjuća su zapažanja blagog porasta gustoća obojenja P2 printera nakon njihovih najvećih vrijednosti za polja s 20-70% RTV (bez konkurencije) te radikalni pad vrijednosti gustoće obojenja s 1,534 (za polje s 99% RTV) na 1,270 (za polje s 100% RTV) kod printera P4.

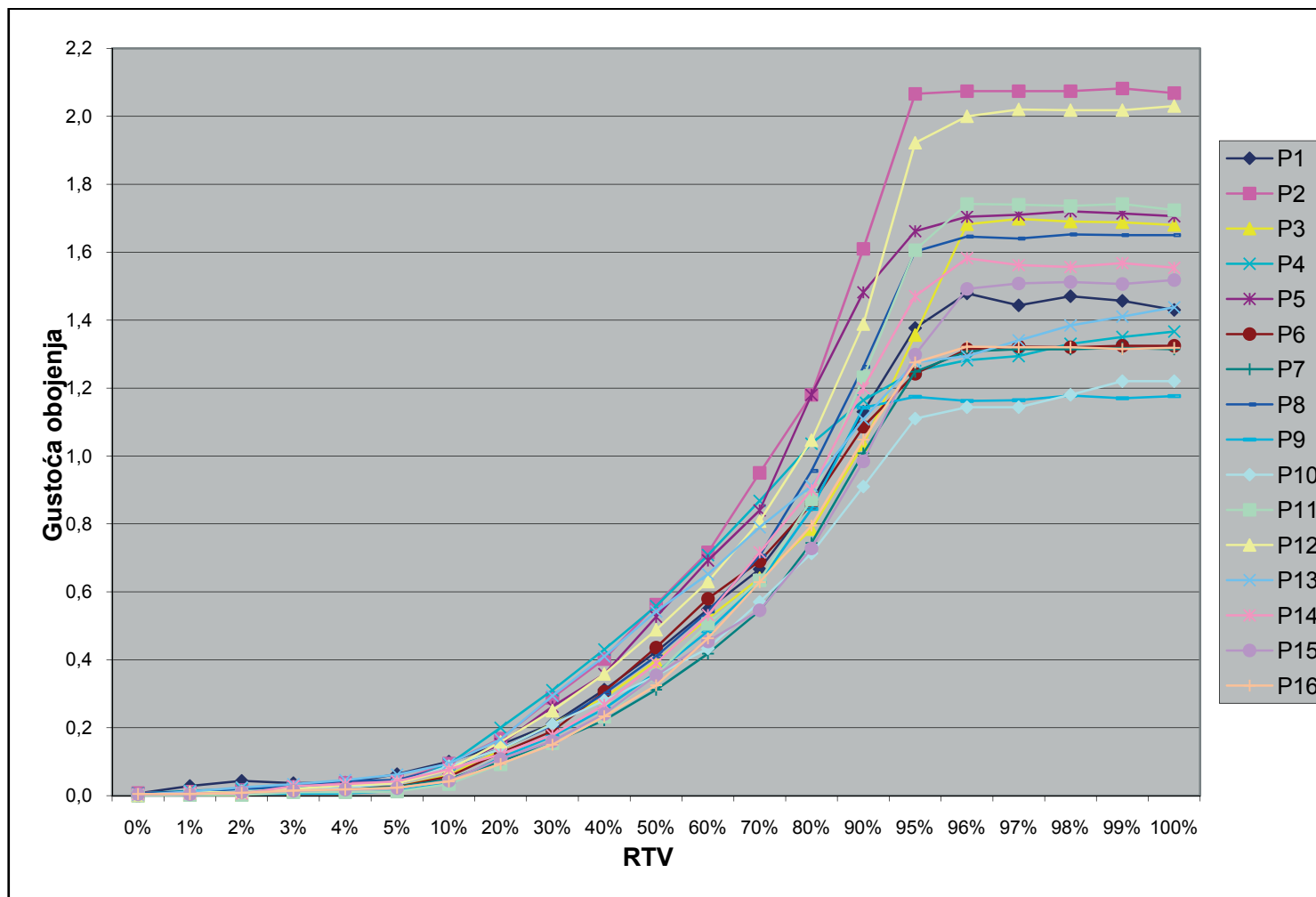
Pet od odabranih printera imaju manje vrijednosti gustoće obojenja polja punog tona od one printera P13 (1,186).

Printer P4 koji ima najveće gustoće obojenja crnih polja s 90-100% RTV, bilježi i radikalni porast vrijednosti gustoće obojenja sa 2,012 (za polje s 99% RTV) na 2,294 (za polje s 100% RTV) (slika 14). Za polja s 60-95% RTV najmanje su gustoće obojenja P3 printera, a za polja s 96-100% RTV one P15 printera (100% RTV – 1,296).

Printer P13, pretežno pozicioniran između prva tri printera prema veličini gustoća obojenja sve do polja s 80% RTV, završava između zadnja 3 – samo dva od odabranih printera imaju manje vrijednosti gustoće obojenja polja punog tona od one printera P13 (1,472).

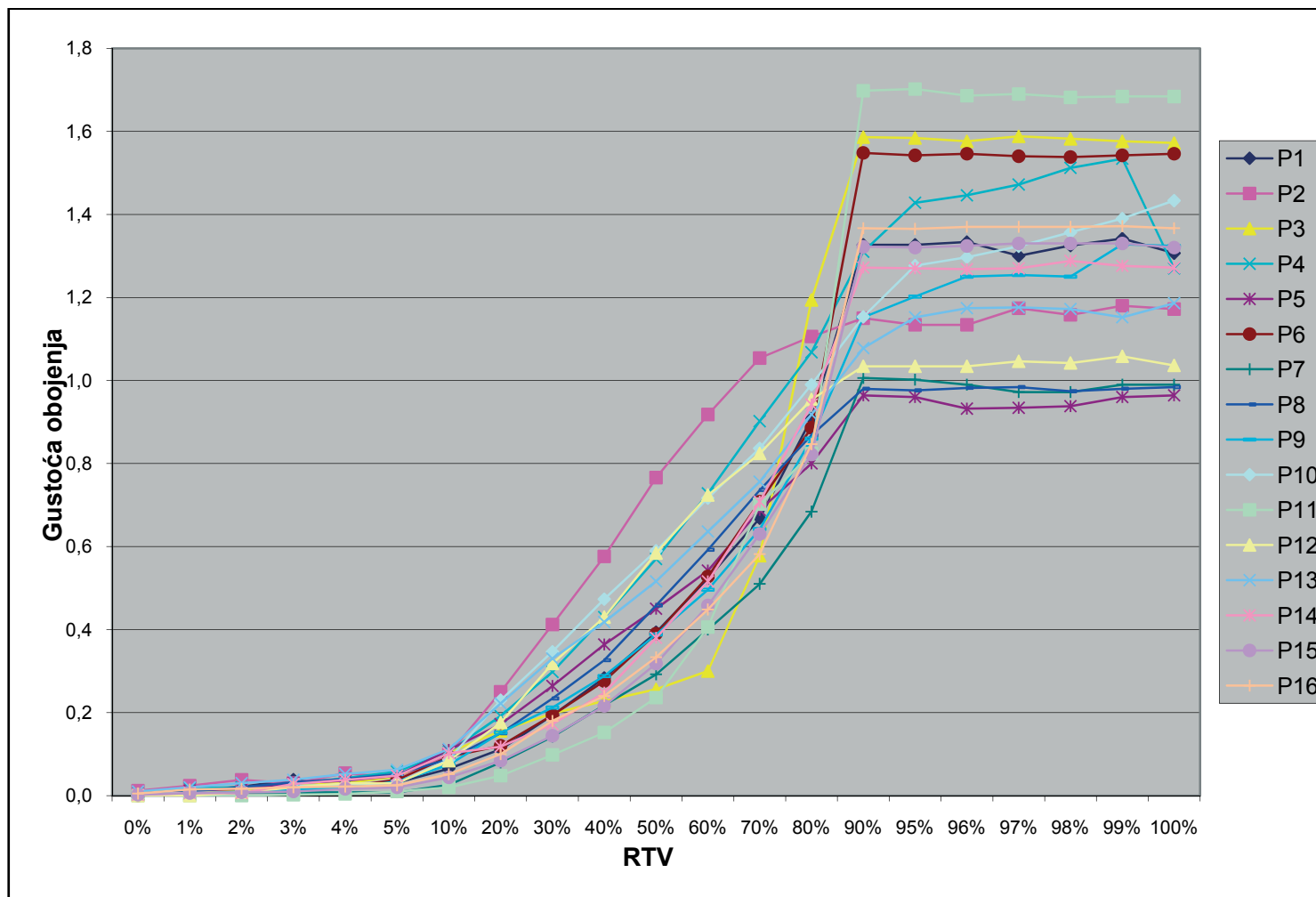


Slika 11. Krivulje izračunatih srednjih vrijednosti gustoća obojenja polja cijana kod otisaka printera

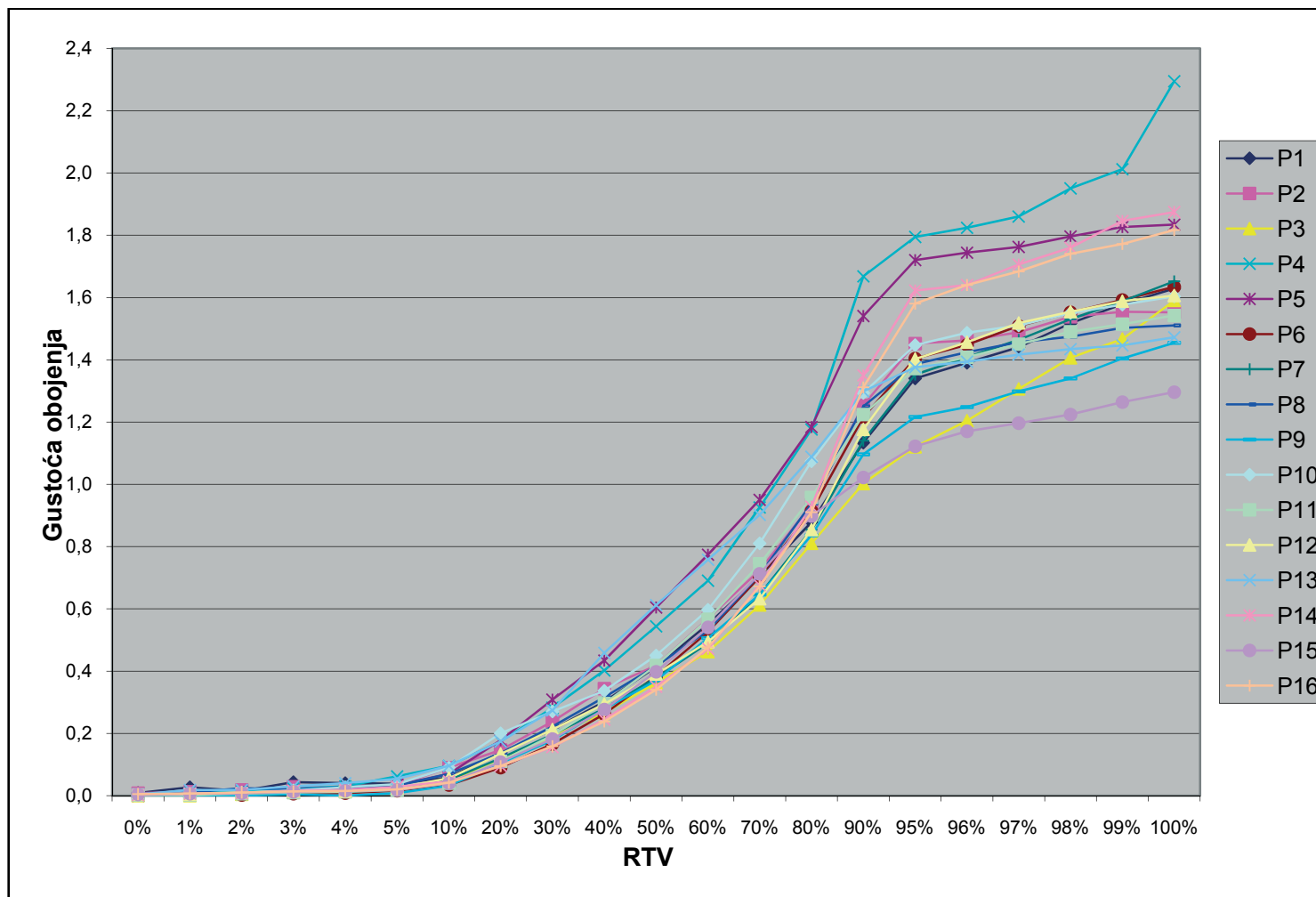


Slika 12. Krivulje izračunatih srednjih vrijednosti gustoća obojenja polja magente kod otisaka printera

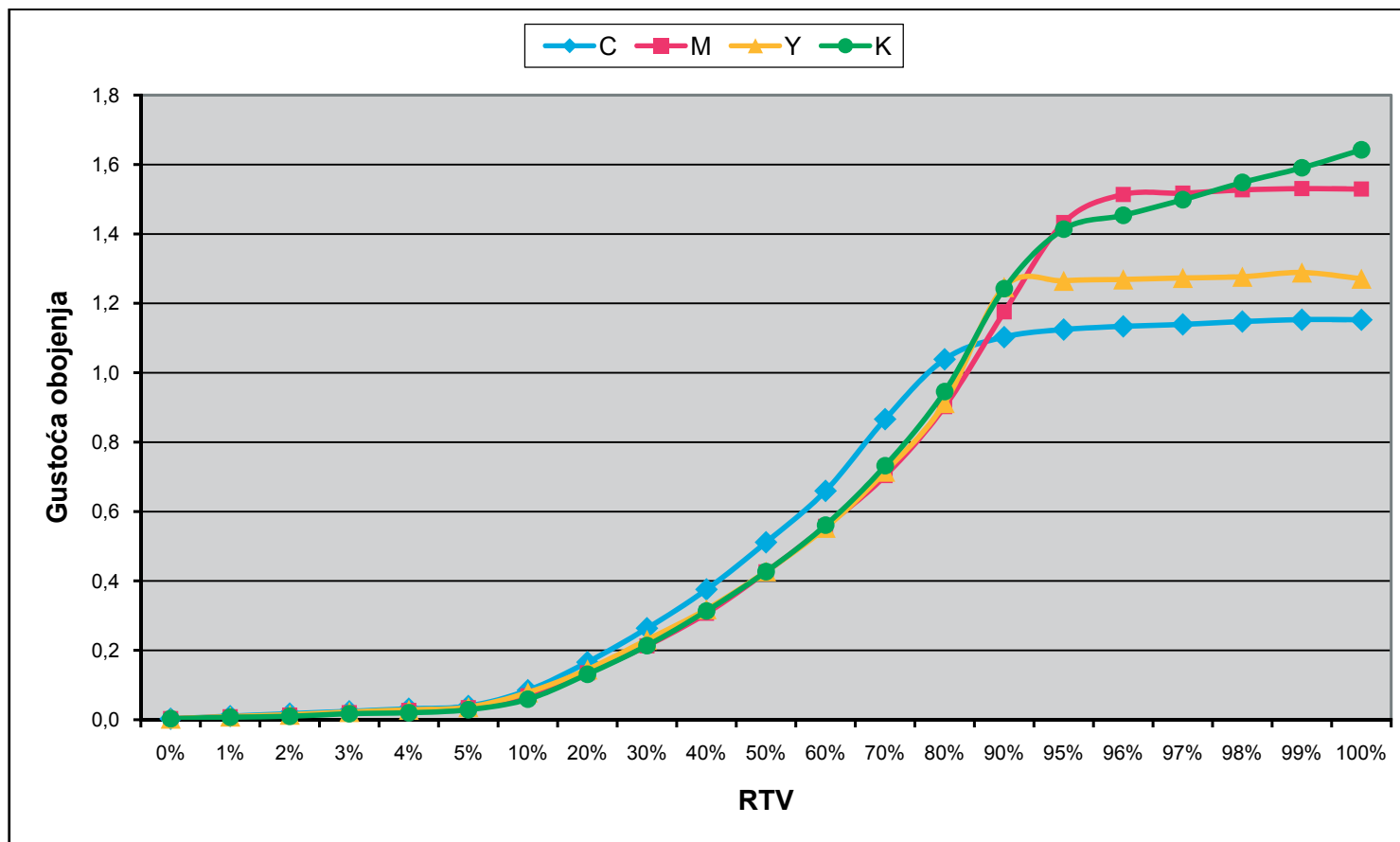




Slika 13. Krivulje izračunatih srednjih vrijednosti gustoća obojenja polja žute kod otisaka printera



Slika 14. Krivulje izračunatih srednjih vrijednosti gustoća obojenja polja crne kod otisaka printera

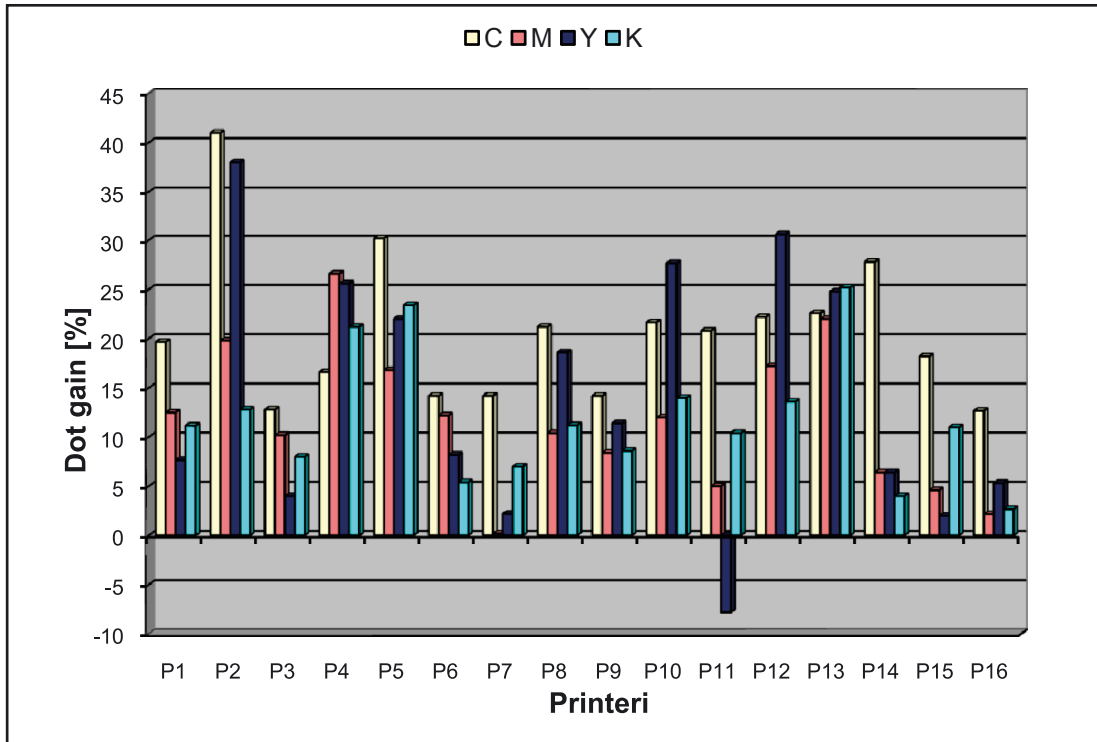


Slika 15. Izračunate srednje vrijednosti svih izmjerenih vrijednosti gustoća obojenja za svaku od procesnih boja

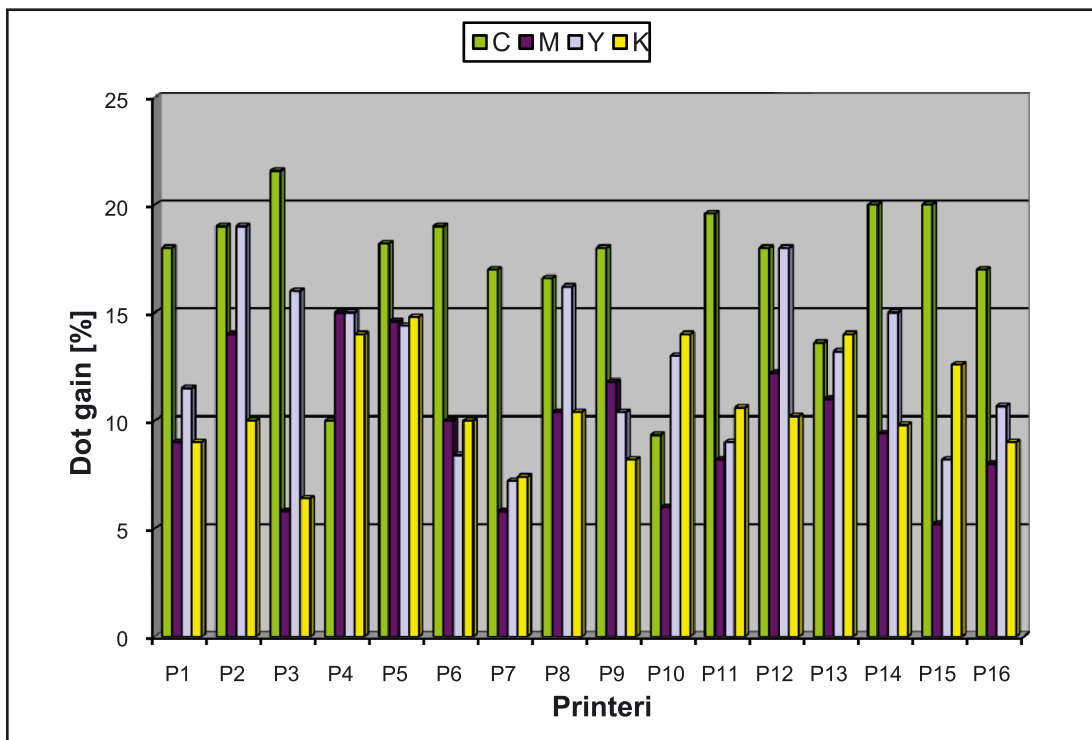
Bez obzira na debljinu papira otisnutog s nekom od konvencionalnih tehnika, najveće vrijednosti gustoće obojenja ima crna, a iza nje po redoslijedu cijan, magenta i žuta (22). Sumarno, kod inkjet otisaka, bar kod onih izabranih printera korištenih u ovom istraživanju, najveće gustoće obojenja ima crna, a odmah iza nje magenta i žuta (slika 15). Iznenađuju gustoće obojenja cijana koje se najprije približavaju onima ostalih procesnih boja (0-5% RTV), zatim rastu značajno (10-80% RTV) pa neznajno (90-100% RTV) završavajući kao najmanje. Samo kod polja s 95, 96 i 97% RTV gustoće obojenja za magentu su veće od onih za crnu. Žuta za malo slijedi magentu i crnu sve do polja s 90% RTV, a zatim stagnira s minimalnim varijacijama gustoće obojenja. Upravo od navedenog polja (90% RTV) započinje ozbiljno grananje krivulja koje se zadržava sve do kraja tj. do polja punog tona.

Prethodno uspoređivani rezultati dobiveni su izračunavanjem srijednih vrijednosti gustoća obojenja za svaku od procesnih boja pojedinačno. Naime, suma istorodnih vrijednosti gustoće obojenja svih mjerenja kod svih printera dijeli se s ukupnim brojem njihovih izvršnih mjerenja.

## 4.2. Prirast RTV procesnih boja otisaka



Slika 16. Srednje vrijednosti prirasta 40% RTV svake od procesnih boja printera



Slika 17. Srednje vrijednosti prirasta 80% RTV svake od procesnih boja printera

Iz slike 16 vidljivo je da je pozitivna greška polja s 40% RTV:

- za cijana (C) najveća kod P2 (41%), a najmanja kod P16 printera (12,7%);
- za magentu (M) najveća kod P4 (26,6%), a najmanja kod P7 printera (0,2%);
- za žutu (Y) najveća kod P2 (38%), a najmanja kod P11 printera (-7,8%) i
- za crnu (K) najveća kod P13 (25,2%), a najmanja kod P16 printera (2,7%);

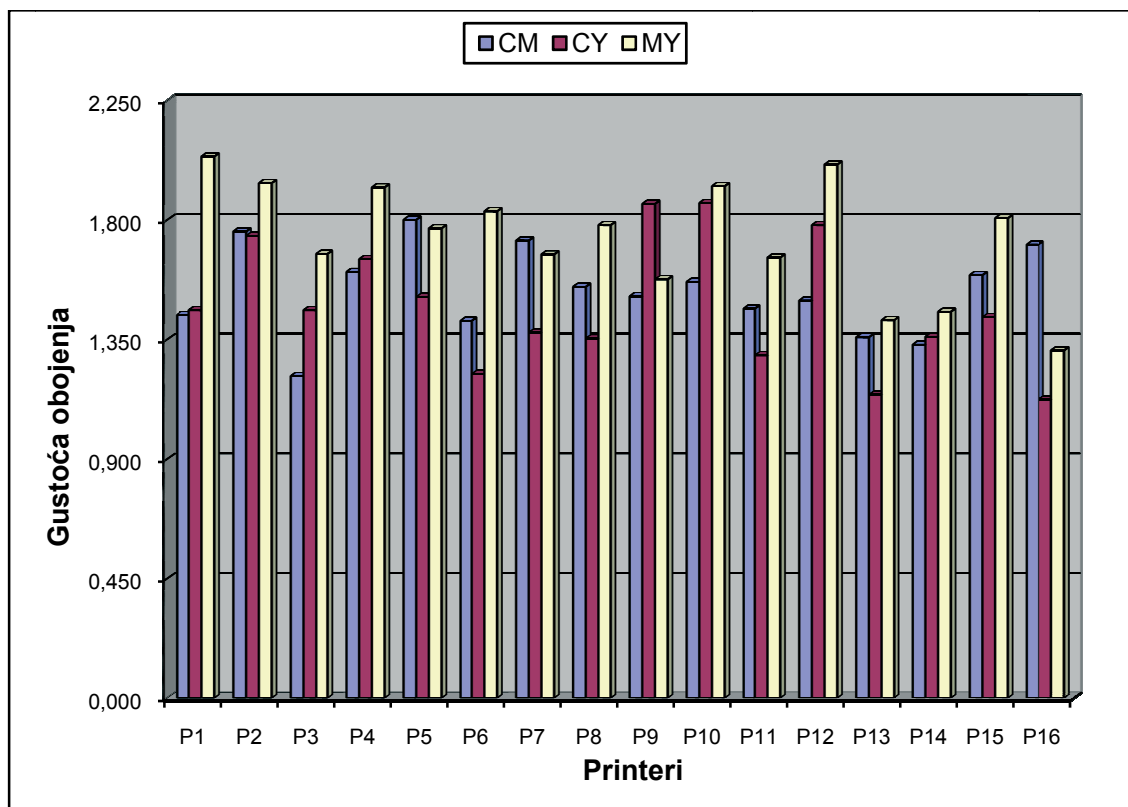
dok kod polja s 80% RTV (slika 17) je:

- za cijana (C) najveća kod P3 (21,6%), a najmanja kod P10 printera (9,3%);
- za magentu (M) najveća kod P4 (15%), a najmanja kod P15 printera (5,2%);
- za žutu (Y) najveća kod P2 (19%), a najmanja kod P7 printera (7,2%) i
- za crnu (K) najveća kod P5 (14,8%), a najmanja kod P3 printera (6,4%).

Prilikom mjerenja pozitivne greške 40% RTV žute, kod svih 5 otisaka printera P11 registrirane su negativne vrijednosti. Njihova srednja vrijednost iznosi -7,8%, što znači da se u ovom slučaju radi o negativnoj, a ne o pozitivnoj grešci.

Printer P2 pokazuje najveću pozitivnu grešku u 3 polja od 2 boje: C (40% RTV) i Y (40% RTV, 80% RTV), printer P4 u 2 polja od 1 boje: M (40% RTV, 80% RTV), a printer P13 u 1 polje: K (40% RTV).

### 4.3. Rezultati mjerenja trappinga



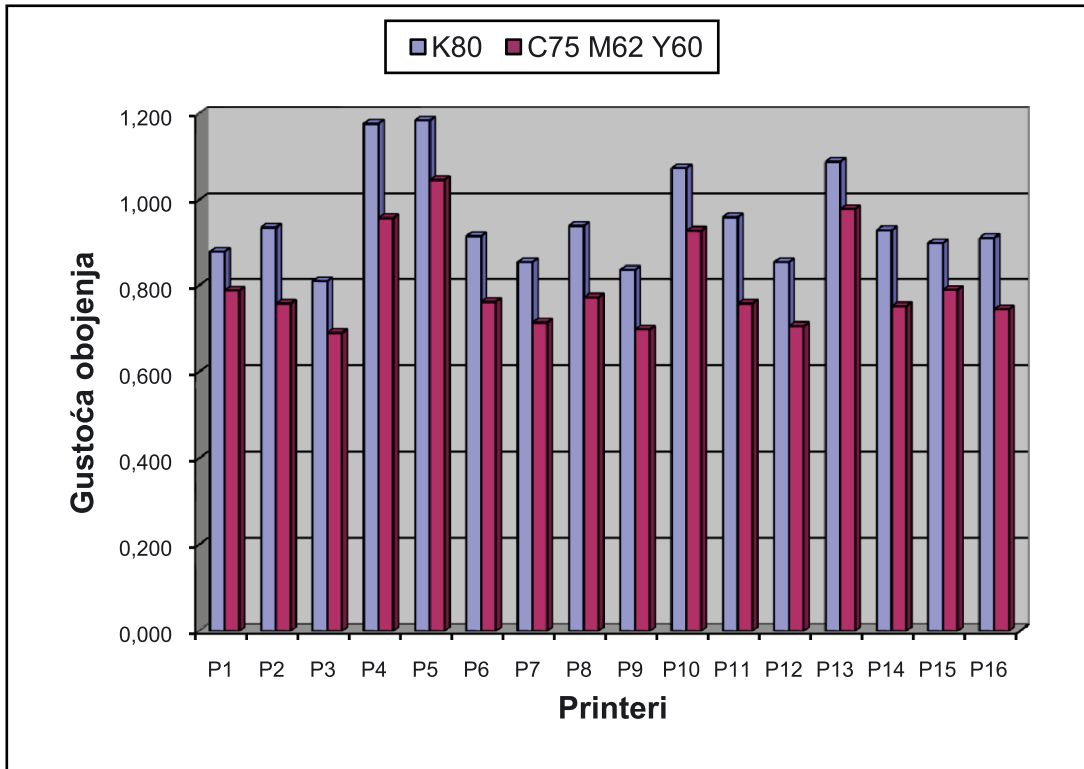
Slika 18. Srednje vrijednosti gustoće obojenja trapping polja izabranih printera

Na slici 18 prikazane su (jedna do druge) vrijednosti gustoće obojenja trapping boja kod različitih otisaka. Iz priloženog je vidljivo da:

- za ljubičastu (CM) najmanju vrijednost gustoće obojenja ima P3 (1,212), a najveću P5 printer (1,800);
- za zelenu (CY) najmanju vrijednost gustoće obojenja ima P16 (1,123), a najveću P10 printer (1,863) i
- za crvenu (MY) najmanju vrijednost gustoće obojenja ima P16 (1,308), a najveću P1 printer (2,038).

Samo dvije vrijednosti gustoće obojenja trapping ljubičaste i po jedna trapping zelene i crvene ostalih 15 printera manje su od prikladnih vrijednosti printera P13 (za CM 1,358, CY 1,142 i MY 1,422).

#### 4.4. Rezultati praćenja balansa sivog



Slika 19. Usporedba između srednjih vrijednosti gustoće obojenja K80 i C75 M62 Y60 polja sivog kod otisaka

Vrijednost gustoće obojenja CMY ne nadmašuje onu K sive kod niti jednog od ispitivanih printera, što je i očekivano obzirom na izgled njihovih otisaka (slika 19). Najmanja vrijednost gustoće obojenja za C75 M62 Y60 sivu primjećena je kod P3 printera (0,690), a najveća kod P5 printera (1,046).

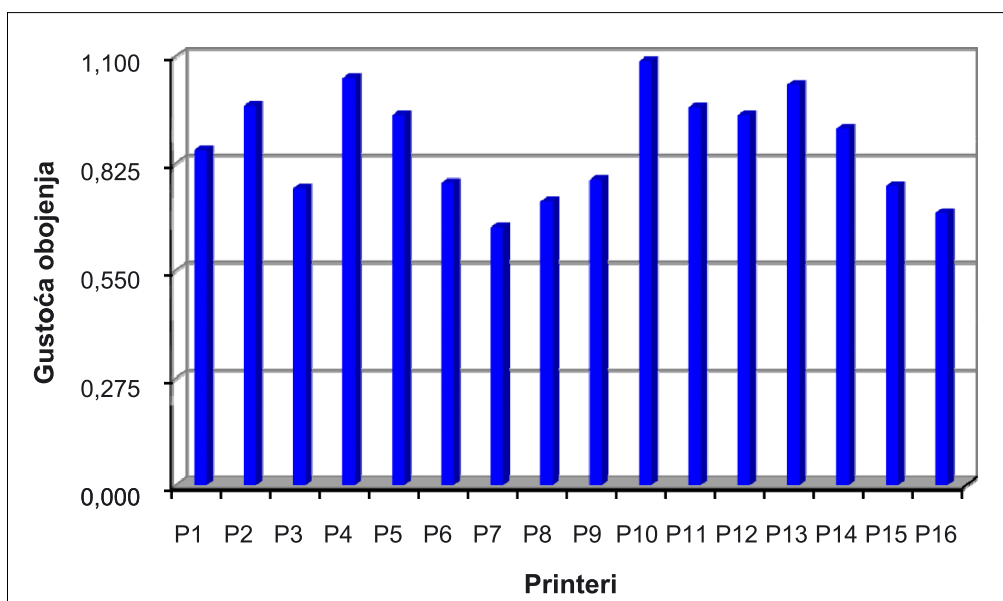
Razlika između vrijednosti gustoće obojenja za K80 i C75 M62 Y60 sivih najveća je kod P4 printera (0,220), a najmanja kod P1 printera (0,090).

Navedeni printeri koji imaju najmanju, odnosno najveću vrijednost gustoće obojenja za C75 M62 Y60 sivu, isto takvu vrijednost imaju i za K80 sivu. Dva para printera imaju iste razlike gustoća obojenja i to: par P5 i P9 printera (0,138) i par P2 i P14 printera (0,176).



Samo kod 2 od ostalih (15) printera navedena razlika gustoća obojenja manja je od one printera 13.

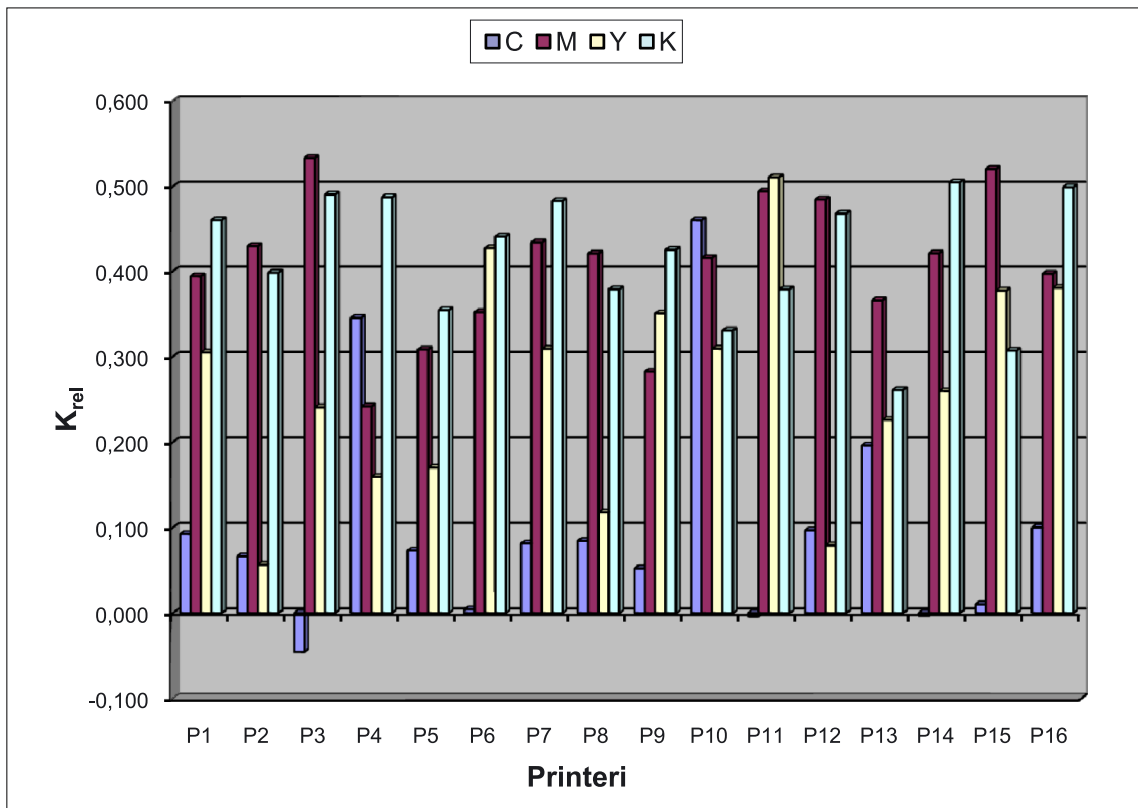
#### 4.5. Rezultati mjerenja simuliranog zlata



Slika 20. Srednje vrijednosti gustoće obojenja polja simuliranog zlata otisaka printera

Na slici 20 prikazane su izračunate vrijednosti gustoće obojenja zlata kod različitih printera. Najmanja je vrijednost kod P7 printera (0,660), a najveća ona kod P10 printera (1,087). Navedena vrijednost kod printera P13 iznosi 1,026 i treća je po veličini u usporedbi s vrijednostima dobivenih kod ostalih printera.

#### 4.6. Rezultati praćenja relativnog tiskovnog kontrasta



Slika 21. Relativni tiskarski kontrast ( $K_{rel}$ ) za svaku od procesnih boja kod otisaka printera

Iz slike 21 može se utvrditi da:

- za cijana (C) najveću  $K_{rel}$  vrijednost ima P10 (0,460), a najmanju P3 printer (-0,045);
- za magentu (M) najveću  $K_{rel}$  vrijednost ima P3 (0,533), a najmanju P4 printer (0,242);
- za žutu (Y) najveću  $K_{rel}$  vrijednost ima P11 (0,511), a najmanju P2 printer (0,056) i
- za crnu (K) najveću  $K_{rel}$  vrijednost ima P14 (0,505), a najmnju P13 printer (0,261).

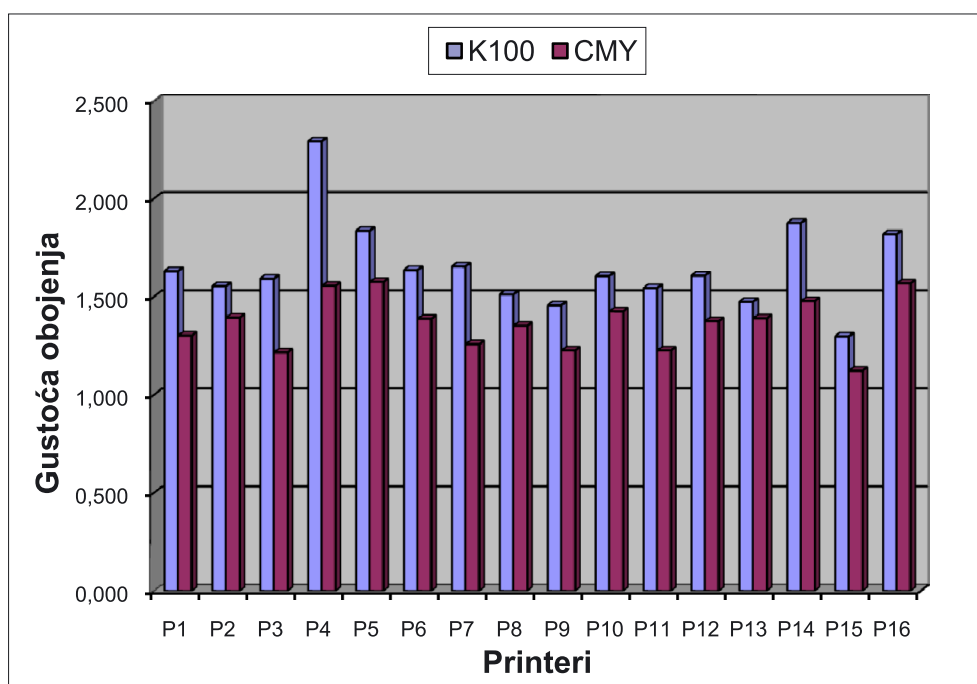
Osim gore navedena  $K_{rel}$  kod printera P3, negativne  $K_{rel}$  vrijednosti i to samo za cijana uočene su još kod 2 printera i to P11 (-0,004) i P14 (-0,003). To znači da kod svakog od tih printera gustoća obojenja polja s 80% RTV je veća od one polja punog tona. P3 printer ima najveću  $K_{rel}$  vrijednost za magentu, ali s druge strane najmanju za cijan.

Razlog za svaku dobivenu negativnu  $K_{rel}$  vrijednost trebao bi se tražiti u:

- preranom zatvaranju rastera u ton još od polja s 80% RTV, čak i prije, što ovisi o performansima printera i
- dozvoljenoj maloj grešci prilikom mjerenja denzitometrom.

Pored najmanje  $K_{rel}$  vrijednosti za crnu, printer P13 karakteriziran je i relativno malim vrijednostima za magentu i žutu. Naime, 4  $K_{rel}$  vrijednosti od ostalih 15 printera manje su od one za magentu (0,366), a 5 od one za žutu (0,226).  $K_{rel}$  vrijednost za cijan kod ovog printera (0,196) je treća po veličini i zadovoljava.

#### 4.7. K100 u odnosu na kompozitnu (mješanu) C100 M100 Y100 crnu boju



Slika 22. Srednje vrijednosti gustoće obojenja K100 u usporedbi s onima CMY crne kod različitih printera

Najmanja vrijednost gustoće obojenja za kompozitnu crnu primjećena je kod P15 printera (1,122), a najveća kod P5 printera (1,574), koja i pored toga se značajno razlikuje od vrijednost gustoće obojenja K100 crne kod istog printera (slika 22). Razlika između gustoća obojenja K100 i CMY crnih najveća je kod P4 (0,740), a najmanja kod P13 printera (0,084). Prema tome, kod printera P13 vrijednost gustoće obojenja za CMY crnu (bez konkurencije) najbliža je onoj za K100.

#### 4.8. Čitljivost barkoda otisaka

Tablica 3. Osobitosti pročitanih barkodova otisnutih ispitivanim printerima na mat papiru

Oznaka printera	Broj registriranih/provedenih čitanja barkoda	Komentar	Ocjena
P1	3/3	barkod se očitava brzo i lagano	4/4
P2	3/3	barkod se uspješno očitava isključivo zahvaljujući ravnoj površini papira na kojem je otisnut – i najmanja neravnina izazvala bi problem	2/4
P3	3/3	barkod se očitava bez nekog posebnog problema	3/4
P4			
P5			
P6	3/3	barkod se očitava brzo i lagano	4/4
P7	3/3	barkod se očitava bez nekog posebnog problema	3/4
P8	1/3	prva tri bara barkoda teško su čitljivi za čitača	1/4
P9	1/3	barkod je teško čitljiv za prosječne barkod čitače – laserski ga čitači očitavaju	1/4
P10	3/3	barkod se očitava bez nekog posebnog problema	3/4
P11	3/3	barkod se očitava brzo i lagano	4/4
P12	3/3	relativno dobar barkod koji ipak ostavlja mogućnost za probleme prilikom čitanja	2/4
P13	3/3	barkod se očitava brzo i lagano	4/4
P14	3/3	barkod se očitava bez nekog posebnog problema	3/4
P15			
P16	3/3	barkod se očitava brzo i lagano	4/4

Često se u praksi događa da se inkjet boje i papiri ne »primaju« međusobno. Između ostalog, to može izazvati i razlijevanje boje zbog kojeg se proširuju linije otisnutog barkoda. Proširene linije predstavljaju potencijalni problem za barkod čitače.

Iz tablice 3 je vidljivo da ukupno 12 barkodova uopće nisu problematični za očitavanje. Čak 5 od njih očitani su brzo i efikasno, zbog čega su i dobili najvišu ocjenu (4/4). Iako deklarirani kao potencijalno problematični, barkodovi printera P2 i P12 uspješno su očitani prilikom sva tri pokušaja. Barkodovi printera P8 i P9 koji u tri pokušaja su očitani samo jedanput, više su nečitljivi nego čitljivi. Od tamo i njihove niske ocjene (1/4).

#### 4.9. Rezultati upitnika za vizualno ocjenjivanje kvalitete otisaka

U statističkoj obradi podataka dobivenih upitnikom, za svaki je printer korištena aritmetička sredina (»Srednja vrijednost«,  $\bar{x}$ ) određena dijeljenjem sume bodova koju je osvojio njegov otisak s brojem anketiranih osoba iz skupine grafičara/negrafičara (10) (tablica 4). Prema tome, veća suma bodova znači i veća aritmetička sredina i obrnuto.

Tablica 4. Deskriptivna statistika rezultata bodovanja otisaka printera

**Skupna statistika**

Anketirani	N	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Standardna greška srednje vrijednosti
P1 Grafičari	10	7,60	1,776	,562
P1 Negrafičari	10	7,30	2,111	,667
P2 Grafičari	10	4,70	2,263	,716
P2 Negrafičari	10	4,70	2,312	,731
P3 Grafičari	10	6,20	1,751	,554
P3 Negrafičari	10	5,80	1,476	,467
P4 Grafičari	10	1,80	,919	,291
P4 Negrafičari	10	2,10	1,197	,379
P5 Grafičari	10	5,60	2,797	,884
P5 Negrafičari	10	6,30	2,627	,831
P6 Grafičari	10	4,20	1,687	,533
P6 Negrafičari	10	4,60	2,066	,653
P7 Grafičari	10	4,20	2,251	,712
P7 Negrafičari	10	3,10	2,025	,640
P8 Grafičari	10	7,40	2,366	,748
P8 Negrafičari	10	8,30	1,337	,423
P9 Grafičari	10	7,70	1,567	,496
P9 Negrafičari	10	7,50	2,838	,898
P10 Grafičari	10	1,00	,000 <sup>a</sup>	,000
P10 Negrafičari	10	1,00	,000 <sup>a</sup>	,000
P11 Grafičari	10	6,20	1,687	,533
P11 Negrafičari	10	6,10	1,449	,458
P12 Grafičari	10	6,70	2,541	,803
P12 Negrafičari	10	6,70	1,567	,496
P13 Grafičari	10	5,00	1,333	,422
P13 Negrafičari	10	6,00	2,708	,856
P14 Grafičari	10	3,70	1,337	,423
P14 Negrafičari	10	4,20	1,033	,327
P15 Grafičari	10	6,50	1,509	,477
P15 Negrafičari	10	7,00	1,886	,596
P16 Grafičari	10	8,40	1,578	,499
P16 Negrafičari	10	7,50	2,506	,792

a. t se ne može izračunati jer standardna devijacija obiju skupina iznosi 0.

Kako bi se utvrdilo da li je razlika između dvije aritmetičke sredine (grafičari i negrafičari) kod svakog od printera statistički značajna, izračunat je t-test za male nezavisne skupine.

Tablica 5. T-test za male nezavisne skupine za otiske printera

Test nezavisnih skupina

	Levene-ov test jednakosti varijanca		t-test jednakosti srednjih vrijednosti							
	F	Značajnost	t	df	Dvojaka značajnost	Razlika srednjih vrijednosti	Standardna razlika grešaka	95%-tni interval pouzdanosti razlike		
								Niže	Više	
P1			Pretpostavljene jednake varijance	,344	18	,735	,300	,872	-1,533	2,133
			Pretpostavljene nejednake varijance	,344	17,490	,735	,300	,872	-1,537	2,137
P2			Pretpostavljene jednake varijance	,000	18	1,000	,000	1,023	-2,149	2,149
			Pretpostavljene nejednake varijance	,000	17,992	1,000	,000	1,023	-2,149	2,149
P3			Pretpostavljene jednake varijance	,552	18	,588	,400	,724	-1,121	1,921
			Pretpostavljene nejednake varijance	,552	17,497	,588	,400	,724	-1,125	1,925
P4			Pretpostavljene jednake varijance	-6,29	18	,538	-3,300	,477	-1,303	,703
			Pretpostavljene nejednake varijance	-6,29	16,872	,538	-3,300	,477	-1,308	,708
P5			Pretpostavljene jednake varijance	-5,77	18	,571	-7,700	1,213	-3,249	1,849
			Pretpostavljene nejednake varijance	-5,77	17,930	,571	-7,700	1,213	-3,250	1,850
P6			Pretpostavljene jednake varijance	-4,74	18	,641	-4,400	,843	-2,172	1,372
			Pretpostavljene nejednake varijance	-4,74	17,308	,641	-4,400	,843	-2,177	1,377
P7			Pretpostavljene jednake varijance	1,149	18	,266	1,100	,957	-,911	3,111
			Pretpostavljene nejednake varijance	1,149	17,802	,266	1,100	,957	-,913	3,113
P8			Pretpostavljene jednake varijance	-1,047	18	,309	-9,900	,860	-2,706	,906
			Pretpostavljene nejednake varijance	-1,047	14,218	,313	-9,900	,860	-2,741	,941
P9			Pretpostavljene jednake varijance	,195	18	,848	,200	1,025	-1,954	2,354
			Pretpostavljene jednake varijance	,195	14,020	,848	,200	1,025	-1,999	2,399
P11			Pretpostavljene jednake varijance	,142	18	,888	,100	,703	-1,377	1,577
			Pretpostavljene nejednake varijance	,142	17,601	,889	,100	,703	-1,380	1,580
P12			Pretpostavljene jednake varijance	,000	18	1,000	,000	,944	-1,983	1,983
			Pretpostavljene nejednake varijance	,000	14,981	1,000	,000	,944	-2,012	2,012
P13			Pretpostavljene jednake varijance	-1,048	18	,309	-1,000	,955	-3,005	1,005
			Pretpostavljene nejednake varijance	-1,048	13,121	,314	-1,000	,955	-3,060	1,060
P14			Pretpostavljene jednake varijance	-,936	18	,362	-5,500	,534	-1,623	,623
			Pretpostavljene nejednake varijance	-,936	16,918	,363	-5,500	,534	-1,628	,628
P15			Pretpostavljene jednake varijance	-,655	18	,521	-5,500	,764	-2,105	1,105
			Pretpostavljene nejednake varijance	-,655	17,176	,521	-5,500	,764	-2,110	1,110
P16			Pretpostavljene jednake varijance	,961	18	,349	,900	,936	-1,067	2,867
			Pretpostavljene nejednake varijance	,961	15,167	,352	,900	,936	-1,094	2,894



U tablici 5 prikazane su vrijednosti t-testova za 15, od ukupno 16 ispitivanih printera. Naime, t-test za printer P10 nije izračunat obzirom da *Standardna devijacija* u obadvije skupine ispitanika je 0 (objašnjenje je ispod tablice 4 na str.72 oznakom <sup>a</sup>). Od dobivenih vrijednosti može se zaključiti da je *Dvojaka značajnost*  $>0,05$ , što znači da ne postoji statistički značajna razlika između aritmetičkih sredina obiju skupina ispitanika kod svih 16 printera na razini od 5%. To znači da ne postoji razlika u bodovanju oisaka između grafičara s jedne i negrafičara s druge strane.

Najviše je bodova u skupini grafičara (84) i negrafičara (75) dodjeljeno printeru P16. Negrafičari su isto toliko bodova (75) dodjelili i printeru P9. Najmanje i jednako sa strane grafičara i negrafičara (po 10 boda) dodjeljeno je printeru P10.

Prema ukupnom broju sakupljenih bodova otiska, printer P13 je rangiran kao 10. od grafičara i 9. od negrafičara. Očigledno printer P13 je dobio više bodova (60) od negrafičara nego od grafičara (50).

#### 4.10. Rezultati upitnika za specifičnosti korištenja printera

Tablica 6. Prikaz rezultata upitnika za korištenje printera provedena među njihovim operaterima/vlasnicima

Oznaka printera	Duljina uporabe	Ukupan broj realiziranih otisaka	Uporaba printera	Uvjeti prilikom kojih se koristi printer	Vrste boja koje se koriste	Vrste podloga za tiskanje koje se koriste
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
P1	9 mjeseci	150	jedanput tjedno	konstantni	originalne	Koh-I-Noor photo matte 120g/m <sup>2</sup> , 190g/m <sup>2</sup>
P2	20 mjeseci	400	jedanput tjedno	konstantni	originalne	Herma glossy 210g/m <sup>2</sup> , matte 120g/m <sup>2</sup> ; Koh-I-Noor photo matte 190g/m <sup>2</sup> ; plain 80g/m <sup>2</sup>
P3	7 godina	10000	svakodnevno	konstantni	originalne, Inktec	HP 100g/m <sup>2</sup> , 175g/m <sup>2</sup> ; Apli 175g/m <sup>2</sup> ; Cyber Star photo matte double sided 110g/m <sup>2</sup> ; karton 250g/m <sup>2</sup> , 300g/m <sup>2</sup> ; plain 80g/m <sup>2</sup>
P4	2 mjeseca	1700	svakodnevno	konstantni	originalne	plain 80g/m <sup>2</sup>
P5	6 godina	15000	svakodnevno	konstantni	originalne	Epson glossy, matte; plain 80g/m <sup>2</sup>
P6	3 godine	3000	jedanput tjedno	konstantni	originalne	HP premium glossy 100g/m <sup>2</sup> ; Cyber Star photo matte double sided 110g/m <sup>2</sup>
P7	2 godine	10000	svakodnevno	konstantni	Print Star, Fullmark	Koh-I-Noor photo matte 120g/m <sup>2</sup> ; Xerox matte 250g/m <sup>2</sup> ; plain 80g/m <sup>2</sup>
P8	2 godine	1000	jedanput tjedno	konstantni	originalne	plain 80g/m <sup>2</sup>
P9	5 godina	5000	svakodnevno	konstantni	originalne	Epson high glossy; plain 80g/m <sup>2</sup>
P10	5 godina	10000	svakodnevno	konstantni	originalne	Kodak premium photo matte 180g/m <sup>2</sup> ; high glossy, semiglossy inkjet photo
P11	1 mjesec	50	svakodnevno	konstantni	originalne	plain 80g/m <sup>2</sup>
P12	2 godine	1000	svakodnevno	promjenjivi	Fullmark, Datace	plain 80g/m <sup>2</sup>
P13	1 godina	1200m <sup>2</sup>	svakodnevno	konstantni	Lyson Photo Chrome	Efi best proof paper 9180 semimatte 180g/m <sup>2</sup>
P14	2 tjedna	10	svakodnevno	konstantni	originalne	HP high glossy 175g/m <sup>2</sup> ; plain 80g/m <sup>2</sup>
P15	8 mjeseci	1500	svakodnevno	konstantni	originalne	plain 80g/m <sup>2</sup>
P16	4 dana	6	svakodnevno	konstantni	originalne	Epson photo glossy; plain 80g/m <sup>2</sup>

Većina ispitivanih printera (kolona 1 tablice 6) bili su korišteni kroz duže vremensko razdoblje (kolona 2 iste tablice) prije nego se je započelo tiskanje za potrebe ovog istraživanja. Printer P16 bio je korišten neposredno prije toga (samo 4 dana prije); iz navedenog razloga u ćeliji tablice u kojoj se unosi ukupni broj realiziranih otisaka pomenutog printera (kolona 3) figurira broj 6.

Za inkjete se preporučuje izrada nekoliko otisaka bar jedanput tjedno kako bi se izbjeglo začepeljivanje štrcaljka glave. Svi ispitivani printeri ispunjavaju navedeni uvjet; samo 4 od njih se koriste jedanput tjedno, a ostali svakodnevno (kolona 4).

Inkjet tehnologija je izuzetno osjetljiva na promjene vanjskih uvjeta. Čak 15 printera je korišteno u konstantnim uvjetima (kolona 5). Promjenjivi uvjeti u kojima je korišten printer P12 proizlaze iz njegovog čestog premještanja tj. promjene radnog okruženja. To ugrožava kvalitetu otiska koji u ovom slučaju nije od presudne važnosti zbog kancelarijske primjene printera.

U praksi se često ne mogu postići očekivani rezultati kvalitete otiska zbog korištenja neoriginalnih boja. Međutim, iako su rijetkost, postoje i neoriginalne boje koje zadovoljavaju. 12 od ispitivanih printera koriste originalne, 3 neoriginalne i samo 1 printer koristi kombinaciju dvije vrste boja (kolona 6). Korištenje kombinacije originalnih i neoriginalnih boja nije preporučljivo.

Izbor papira je isto toliko važan kao i izbor boje. Kod čak 5 od ispitivanih printera koristio se samo nenamjenski 80-gramski papir do početka tiskanja za istraživanje. Kod ostalih printera, pored na nenamjenskom prethodno se je tiskalo i na mat i na sjajnom papiru različitih proizvođača (kolona 7).

## 5. RASPRAVA

Samo kod jednog (6,25%) od ispitivanih printera (printer P11) primjećena je negativna greška i to na polju s 40% RTV žute. Međutim, bez obzira na to, njegova pozitivna greška koja se javlja kod polja s 80% RTV iste boje (9%) nije najmanja; čak 3 od preostalih printera imaju manje vrijednosti. Svakako da pozitivna greška polja s 40% RTV ne mora biti manja od one polja s 80% RTV. Njezina veličina ovisi o nedozvoljenom povećanju rasterskih točaka, a ne o postotku rastera.

Zanimljivo je zapažanje da najmanje gustoće obojenja za trapping zelene i crvene su primjećene kod printera P16. Svakako, veća zasićenost reprodukcije boja ne garantira i veću kvalitetu otiska.

Rezultati mjerenja pokazuju da zasićenost trapping boje ne ovisi o zasićenostima procesnih boja čijim se pokrivanjem dobiva ista.

Dobivanje sivih nijansi iz svih procesnih boja (čak i onih samo iz crne) kod inkjet otisaka rezultira blazinom gustoća obojenja uspoređivanih polja balansa sivog koja se i vizualno primjećuje. Upravo zbog te blizine u radu nisu prikazani (i pored toga što su izmjerene) gustoće obojenja svih parova polja balansa sivog. Par C75 M62 Y60 nasuprot K80 izabran je zbog najveće, drastične razlike gustoća obojenja polja, ali i zbog česte primjene čak i kod skraćenih stripova za praćenje kvalitete otiska. Drastična razlika između gustoća obojenja K100 i C100 M85 Y85 polja je, u svakom slučaju, očekivana obzirom na značajnu razliku između K100 i CMY polja (analizirana kasnije u točki 4.7) i pored 100%tne zastupljenosti svih boja u CMY polju.

Približavanje vrijednosti gustoće obojenja sivog ostale tri procesne boje do one crne ne garantira neutralno sivo otiska. Naime, i pored bliskih gustoća obojenja sivih polja para, u polju s mješanom sivom može dominirati cijan/magenta/žuta čime bi se narušila njezina ravnoteža. Od tamo proizlazi potreba za konstantnim vizualnim praćenjem balansa sivog (bez obzira na mjerenje).

Rezultati mjerenja pokazuju da visoke gustoće obojenja procesnih boja od kojih se sastoji, (magenta, žuta i crna), ne garantiraju veliku vrijednost gustoće obojenja simuliranog zlata. Tipični primjer za to je printer P11 kod kojeg i pored visokih gustoća obojenja magente (100% RTV; 1,724), žute (100% RTV; 1,684) i crne (100% RTV; 1,542), gustoća obojenja zlata (0,968) je peta po veličini u odnosu na iste gustoće ostalih printera. Prema tome, novonastala zlatna nijansa treba se tretirati kao posebna boja, a ne kao skup posebnih rastera procesnih boja.

Ipak, prilikom neutralnog mjerenja simuliranog zlata (bez prethodno upozorenje na boju koja će se mjeriti), denzitometar (pored vrijednosti gustoće obojenja) pokazuje da se radi o žutoj boji. Navedeno vrijedi za sve izmjerene vrijednosti gustoće obojenja zlata kod svih ispitivanih printera.

Rezultati usmjeravaju na činjenicu da je nerealno očekivanje da se jedan isti printer odlikuje s maksimalnim  $K_{rel}$  vrijednostima svih procesnih boja. Relativni tiskovni kontrast ne ovisi samo o osobitostima inkjet printera i vrste boja koje on koristi, već i od vrste podloge koja će se tiskati.

Crna dobivena od tonova četiri osnovne boje je izrazito intenzivnija nego što je ton same crne, procesne boje. I pored velikog nanosa boje na papiru, koji često predstavlja problem, CMYK crna boja povećava kontrast i poboljšava kvalitetu otiska. Mali razmak između kompozitne i procesne crne boje kod printera P13 daje mogućnost postizanja dublje crne na otisku. Ali, morala bi se uzeti u obzir i činjenica da intenzitet crne na otisku primarno ovisi o vrsti boje koja se koristi i njezinu pokritnu moć.

Barkodovi otisnuti na čak 14 printera (87,5%), očitani su po tri puta iz tri pokušaja; oni iz preostala dva printera (12,5%) očitani su samo po jedanput (kolona 2 u tablici 3 str.71). Ovakvi su rezultati i više nego zadovoljavajući obzirom na veliki nanos boje na cijeloj površini barkoda.

Kod većina odabranih printera suma dodjeljenih bodova od grafičara bliska je do one dodjeljena od negrafičara. Kod čak 3 printera (18,75%) i to P2, P10 i P12, ove dvije sume su identične. Do sada izneseno govori da su kriteriji za kvalitetu otisaka kod grafičara i negrafičara u većini slučajeva bliski ili se čak preklapaju. Stavovi skupina grafičara i negrafičara najviše se razilaze po pitanju printera P7; razlika obiju suma kod navednog printera iznosi 11 bodova.

Završeni efektivni ciklus rada tiskarske glave razlog je za loše rezultate printera P10. Informacija za promjenu glave prikazuje se na displeju printera.

Temeljem podataka iz tablice 6 na str.75 može se, bar djelomično, predvidjeti kvaliteta otisaka izabranih printera.

Frekvencija korištenja zadovoljava kod svih 16 printera; 12 od njih (75%) koriste se svakodnevno, a ostalih 4 (25%) jedanput tjedno.

Permanentnost kvalitete otiska dovedena je u pitanje kod 3 printera (18,75%) i to:

- P3, zbog mješanja originalnih i neoriginalnih boja;
- P7, zbog mješanja neoriginalnih boja različitih proizvođača i
- P12, zbog promjenjivih uvjeta uporabe i zbog mješanja neoriginalnih boja različitih proizvođača.

Zanimljiva je činjenica da se kod čak 12 printera (75%) koristi naravni papir s gramaturom 80g/m<sup>2</sup>. To ukazuje na njihovo nenamjensko korištenje; više od pola ispitivanih printera namjenjeni su za izvršavanje ozbiljnih grafičkih, a ne kancelarijskih poslova.

## 6. ZAKLJUČCI

1. Najbolji tj. najkvalitetniji od svih mogućih otisaka koje može ponuditi jedan inkjet proofer u biti je kvalitetniji od kvalitetno izrađenog probnog otiska na istom tom prooferu.
2. Prema gore navedenom, evidentna je razlika između najboljeg i probnog otiska dobivenog na istom inkjet prooferu – zbog toga nije preporučljivo da se najbolji otisak koristi kao probni. U slučaju takvog previda, najprije se povećavaju očekivanja, ali kasnije i razočarenja klijenta.
3. Samo su najkvalitetniji inkjet printeri, primarno namjenjeni za tiskanje papira, pogodni za proofing. Zapravo, svaki RIP sadrži listu strogo selektiranih, podržvanih inkjet printera. Na toj se listi mogu naći i više printera jednog te istog proizvođača.
4. Za kvalitetan je proofing neophodan, ali ne i dovoljan kvalitetan inkjet printer, koji se ne može deklarirati kao proofer bez kombiniranja s RIP (za simuliranje rastera) i ICC (za doziranje boja) profilima.
5. Inkjet probni otisak se po pravilu izrađuje s originalnim bojama na specijalnom proofing papiru. Ukoliko se ne poštuje navedeno pravilo, dobiveni se otisak može nazivati bilo kako, ali se ne može smatrati probnim otiskom.
6. Temeljem navedenog, preporučujem da je za izradu kvalitetnog inkjet probnog otiska neophodno ispunjavanje slijedećih preuvjeta: prikladno rastriranje sadržaja datoteke te korištenje isključivo originalnih boja i papira kao i potpuno funkcionalnog inkjet printera (bez ijedne začepljene štrcaljke) prilikom tiskanja.

## 7. LITERATURA

1. ALEXANDER G.: Small steps for toner, but giant leap for inkjet. The Seybold Report, Vol. 4 No. 10, 12-14, 2004.
2. AP STAFF: Massive media: substrates for wide-format inkjet printers. American Printer, September, 26-34, 2006.
3. BOLANČA S.: Suvremeni ofsetni tisak. Školska knjiga, Zagreb, 1991.
4. BURLEY I.: European third party ink jet inks dealt major blow by latest Wilhelm tests. Digital Photography Now, June, 2006. ([www.dpnw.com](http://www.dpnw.com))
5. CONNELLY W.: What causes white spots on my art prints? Great Output, August, 18, 2006.
6. DAWES T.: How long will an inkjet print last? Camera, Vol. 2 No. 1, 38-41, 2005.
7. DULIS P.: Large-format multi-function inkjet printers. Graphic Arts Magazine, January, 2011. ([www.graphicartsmag.com](http://www.graphicartsmag.com))
8. DULIS P.: The magic behind inkjet printing. Graphic Arts Magazine, February, 2010. ([www.graphicartsmag.com](http://www.graphicartsmag.com))
9. EFI TEAM: The ABC's of proofing. Electronics for Imaging, 2005. ([www.efi.com](http://www.efi.com))
10. EPSON TEAM: Epson Stylus Pro 7900 CTP: redefining the future of Computer To Plate. Epson America, Inc., 2011. ([www.epson.com](http://www.epson.com))
11. FELICI J.: Proof positive: inkjet proofing goes mainstream. The Seybold Report, Vol. 4 No. 6, 7-9, 2004.
12. FREEDMAN H.: Novel sheet, web inkjet presses. Graphic Arts Monthly, April, 32, 2006.
13. GORDON B. and GORDON M.: The complete guide to digital graphic design. Thames & Hudson Ltd, London, 2005.
14. HAAK R.: Single-pass inkjet. American Printer, June, 44, 2006.
15. HAUENSTEIN T.: What makes a good monitor? Great Output, January/February, 20, 2009.
16. HINDERLITER H.: Hard copy proofs. Graphic Arts Monthly, April, 14-18, 2006.
17. HINDERLITER H.: Inkjet proofing update. American Printer, October, 24-28, 2003.



18. HINDERLITER H.: View to a proof. *Graphic Arts Monthly*, November, 20-25, 2005.
19. JAEGER C. W.: Color solid ink printing. Society for Imaging Science and Technology. ([www.imaging.org](http://www.imaging.org))
20. JOHNSON H.: Mastering digital printing. Thomson Course Technology PTR, Boston, 2005.
21. KAPEL D.: Proof positive. *American Printer*, November, 12-16, 2005.
22. KIPPHAN H.: Handbook of print media: technologies and production methods. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2001.
23. LISI J.: Soft proofing: so much more than colour. *Graphic Arts Magazine*, January, 2011. ([www.graphicartsmag.com](http://www.graphicartsmag.com))
24. LITTMAN D.: Cheap ink probed. *PC World*, September, 22-26, 2003.
25. MILLER N.: How long will your digital prints last? *Shutterbug*, March, 152-153, 2005.
26. NOTHMANN G. A.: Nonimpact Printing. Graphic Arts Technical Foundation, Pittsburgh, 1989.
27. O'ROURKE T.: Inkjet on anything. *Graphic Arts Monthly*, February, 28-32, 2005.
28. PIONTEK D.: Inkjet presses. *Graphic Arts Monthly*, February, 20-24, 40-41, 2006.
29. REMALEY D.: Neutral tones unlock color balance. *Graphic Arts Monthly*, May, 47, 2005.
30. ROMANO J. F.: Professional prepress, printing, and publishing. Prentice Hall PTR, NJ, 1999.
31. SHARMA A.: Measuring the quality of ICC profiles and color management software. *The Seybold Report*, Vol. 4 No. 20, 10-16, 2005.
32. SHEPPARD R.: (Non?)-Permanence of inkjet prints. *Digital Photo Pro*, Vol. 2 No. 3, 130, 2004.
33. SHEPPARD R.: What does archival really mean? *Digital Photo Pro*, Vol. 3 No. 3, 130, 2005.
34. SHIPTON K.: For keeps. *Photo Review Australia*, December/January, 39-40, 2005.

35. STEINMUELLER U. and GULBINS J.: The art of digital fine art printing: using today's inkjet printers for quality prints. Steinmueller Photo, San Jose, 2006.
36. WHITCHER J.: Getting wider. Graphic Arts Monthly, June, 14-18, 2006.
37. WORK R.: Will my inkjet prints last as long as traditional photos? Great Output Magazine, February, Vol. 1 No. 1, 16-19, 2004.
38. YEGYAZARIAN A.: The fade factor. PC World, November, 18-22, 2002.
39. ЈОНОВСКИ Н. и АНДОНОВСКА С.: Лабораториски практикум по графички бои. Технички факултет, Универзитет „Св. Климент Охридски“, Битола, 20, 2002.

Prilikom izrade namjenskog stripa za potrebe ovog rada korišteni su elementi sljedećih, već postojećih stripova:

- FOGRA Print Control Strip DKL;
- Prinect/FOGRA Dipco 2.0 colour measurement strip (2003);
- Ugra/FOGRA Digital Print Control Strip – Newsprint (DKL-Z M1, M2, M3) (1999);
- Ugra/FOGRA Digital Print Control Strip (PCS) V1.6 (1997);
- Ugra/FOGRA Digital Print Scale V1.0 EPS (2000);
- Ugra/FOGRA Media Wedge CMYK V2.0 (2004);
- Ugra/FOGRA PostScript Control Strip V2.0 PS (1999) i
- Ugra/FOGRA Reproduction Test Chart V2.0 (1999).

## **POPIS KRATICA**

AM – Amplitude Modulated (screening)

FM – Frequency Modulated (screening)

ICC – International Color Consortium

LED – Light-Emitting Diode

PDF – Portable Document Format

RIP – Raster Image Processor

RTV – RasterTonska Vrijednost

SWOP – Specifications for Web Offset Publications

## **PRILOZI**

### Prilog broj 2:

#### Upitnik za vizualno ocjenjivanje kvalitete otisaka kod grafičara

Ime i prezime: \_\_\_\_\_  
Adresa i telefon: \_\_\_\_\_  
Kompanija: \_\_\_\_\_  
Iskustvo u praksi (u godinama): \_\_\_\_\_  
Dana: \_\_\_\_\_

#### U P U T A

Do opisne ocjene (kolona 2 tablice u nastavku) upiši broj otiska na koji se ona odnosi (u koloni 3).  
Iskoristi sve ocjene prilikom klasifikacije otisaka i napravi njihovo rangiranje prema kvaliteti. U koloni 1 nalaze se bodovi koji odgovaraju prikladnoj ocjeni.  
U slučaju dodjele iste ocjene za dva različita otiska koristi kolonu 4 iz tablice.

Bodovi	Ocjena	Broj otiska	
		3.	4.
10	Izvrstan		
9	Vrlo dobar		
8	Dobar		
7	Dovoljan		
6	Može proći		
5	Ne može proći		
4	Nedovoljan		
3	Loš		
2	Jako loš		
1	Neprihvatljiv		

#### Upitnik za vizualno ocjenjivanje kvalitete otisaka kod negrafičara

Ime i prezime: \_\_\_\_\_  
Adresa i telefon: \_\_\_\_\_  
Dana: \_\_\_\_\_

#### U P U T A

Do opisne ocjene (kolona 2 tablice u nastavku) upiši broj otiska na koji se ona odnosi (u koloni 3).  
Iskoristi sve ocjene prilikom klasifikacije otisaka i napravi njihovo rangiranje prema kvaliteti. U koloni 1 nalaze se bodovi koji odgovaraju prikladnoj ocjeni.  
U slučaju dodjele iste ocjene za dva različita otiska koristi kolonu 4 iz tablice.

Bodovi	Ocjena	Broj otiska	
		3.	4.
10	Izvrstan		
9	Vrlo dobar		
8	Dobar		
7	Dovoljan		
6	Može proći		
5	Ne može proći		
4	Nedovoljan		
3	Loš		
2	Jako loš		
1	Neprihvatljiv		

**Prilog broj 3:**

**Upitnik za specifičnosti korištenja printera**

**Podaci o printeru pod rednim brojem \_\_\_\_\_**

**Dana:** \_\_\_\_\_

**1. Marka printera:** \_\_\_\_\_

**2. Model:** \_\_\_\_\_

**3. Duljina uporabe:** \_\_\_\_\_

**4. Ukupan broj napravljenih otisaka:** \_\_\_\_\_

**5. Uvjeti pri kojima se koristi printer jesu:**

- konstantni
- promjenjivi

**6. Printer se koristi:**

- svakodnevno
- jedanput tjedno
- jedanput mjesečno
- rijetko

**7. Vrsta boja koje se koriste:**

- originalne
- od drugih proizvođača: \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**8. Proizvođači i vrste podloga za tiskanje:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ŽIVOTOPIS

Ime: **N i k o l č e**  
Prezime: **J o n o v s k i**  
Datum rođenja: 07.12.1977  
Mjesto rođenja: Bitola, Makedonija  
Nacionalnost: Makedonac  
Državljanstvo: makedonsko  
Bračni status: neoženjen  
Poslovna adresa: Državna srednja škola "Taki Daskalo"  
Boris Kidrič 37, 7000 Bitola, Makedonija  
Kućna adresa: Partizanska 62/6, 7000 Bitola, Makedonija  
Telefon: +389 47 22 68 63  
Mobitel: +389 75 75 75 76  
E-mail: njonovski@yahoo.com

### Obrazovanje:

1991 - 1996: Gimnazija "Josip Broz Tito", prirodno-matematički smjer, Bitola, Makedonija;  
1996 - 2001: Tehnički fakultet, Grafički smjer, Sveučilište "Sveti Kliment Ohridski", Bitola, Makedonija (naslov diplomskog rada: "Međusobno djelovanje ofsetnih grafičkih boja i kartona kod otisaka za ambalažu");  
2002: Pedagoška dokvalifikacija (ispiti: Psihologija, Pedagogija i Metodologija), Filozofski Fakultet, Sveučilište "Sveti Kiril i Metodij", Skopje, Makedonija;  
2003: Stručni ispit, Ministarstvo Obrazovanja i Znanosti, Skopje, Makedonija;  
2002 - sada: Poslijediplomski znanstveni studij "Grafičko Inženjerstvo" (znanstveno područje "Tehničke znanosti", polje "Grafička tehnologija"), Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska.

### Akademski stupanj:

2001: Diplomirani grafički inženjer, Tehnički fakultet, Sveučilište "Sveti Kliment Ohridski", Bitola, Makedonija

### Radno iskustvo:

2001 - 2002: Profesor iz skupine grafičkih stručnih predmeta (predmeti: Strojevi, uređaji i aparati; Tehnologija tiska i Praktična nastava), Državna srednja škola "Taki Daskalo", Bitola, Makedonija;  
Stručni suradnik na Katedrama za Tehnologiju tiska, Grafičke materijale i Grafičke boje, Tehnički fakultet, Sveučilište "Sveti Kliment Ohridski", Bitola, Makedonija;  
2002 - 2003: Profesor iz skupine grafičkih stručnih predmeta (predmeti: Strojevi, uređaji i aparati; Tehnologija tiska; Grafički materijali i Praktična nastava), Državna srednja škola "Taki Daskalo", Bitola, Makedonija;  
Stručni suradnik Katedre za Tehnologiju tiska, Tehnički fakultet, Sveučilište "Sveti Kliment Ohridski", Bitola, Makedonija;  
2003 - 2004: Profesor iz skupine grafičkih stručnih predmeta (predmeti: Strojevi, uređaji i aparati; Tehnologija tiska i dorade; Tehnologija tiska i Grafički materijali), Državna srednja škola "Taki Daskalo", Bitola, Makedonija;  
Stručni suradnik Katedre za Tehnologiju tiska, Tehnički fakultet, Sveučilište "Sveti Kliment Ohridski", Bitola, Makedonija;

- 2004 - 2005: Profesor iz skupine grafičkih stručnih predmeta (predmeti: Strojevi, uređaji i aparati; Tehnologija tiska i dorade; Tehnologija tiska i Grafički materijali), Državna srednja škola "Taki Daskalo", Bitola, Makedonija;  
 Stručni suradnik Katedre za Tehnologiju tiska, Tehnički fakultet, Sveučilište "Sveti Kliment Ohridski", Bitola, Makedonija;
- 2005 - 2006: Profesor iz skupine grafičkih stručnih predmeta (predmeti: Strojevi, uređaji i aparati; Tehnologija tiska i Praktična nastava), Državna srednja škola "Taki Daskalo", Bitola, Makedonija;  
 Stručni suradnik Katedre za Tehnologiju tiska, Tehnički fakultet, Sveučilište "Sveti Kliment Ohridski", Bitola, Makedonija;
- 2006 - 2007: Profesor iz skupine grafičkih stručnih predmeta (predmeti: Strojevi, uređaji i aparati; Tehnologija tiska i Praktična nastava), Državna srednja škola "Taki Daskalo", Bitola, Makedonija;  
 Stručni suradnik Katedre za Tehnologiju tiska, Tehnički fakultet, Sveučilište "Sveti Kliment Ohridski", Bitola, Makedonija;
- 2007 - 2008: Profesor iz skupine grafičkih stručnih predmeta (predmeti: Strojevi, uređaji i aparati; Tehnologija tiska i dorade i Praktična nastava), Državna srednja škola "Taki Daskalo", Bitola, Makedonija;
- 2008 - sada: Profesor iz skupine grafičkih stručnih predmeta (predmeti: Strojevi, uređaji i aparati i Praktična nastava), Državna srednja škola "Taki Daskalo", Bitola, Makedonija.

#### **Istraživački interesi i iskustva:**

- Višegodišnje iskustvo na polju grafičkog dizajna. Dobro razvijen umjetnički osjet za slobodno ručno crtanje, oblik, te za kompoziciju i uporabu boja. Specijalnost: logo dizajn.
- Stečena iskustva u svim fazama grafičkog procesa (priprema, tisak i dorada), iskustva prilikom realizacije praktične nastave/vježbe s đacima/studentima u radionama/laboratorijima u sklopu srednje škole/fakulteta, ali i u grafičkim poduzećima/tiskarama širom Makedonije.
- Analiza i kontrola kvalitete otisaka napravljenih korištenjem ofset/inkjet tehnika tiska u sklopu diplomskog/magistarskog rada. Polje interesa: mehanizmi prijenosa boje i njezino fiksiranje za podlogu kod osnovnih, a pogotovo kod digitalnih tehnika tiska.

#### **Konferencije:**

- 2005: Balkanska konferencija mladih znanstvenika, Plovdiv, Bugarska

#### **Ostale aktivnosti:**

- 2001: Natječaj za nagradu "Sunce godine" (dizajn jednolitarskog tetrapak pakiranja za sokove od naranče, jabuke i jagode), Ministarstvo Ekonomije, Skopje, Makedonija;
- 2005: Natječaj za zaštitni znak, Makedonska Opera i Balet, Skopje, Makedonija.

#### **Vještine i sposobnosti u aplikativnom softveru:**

Adobe: Photoshop, Illustrator, InDesign, Acrobat; CorelDraw; Microsoft: Word, Excel, PowerPoint, za Macintosh i Windows

**Strani jezici:** engleski, hrvatski

#### **Bibliografija:**

Jonovski N., Andonovska S.: Laboratorijski praktikum iz grafičkih boja. Tehnički fakultet, Bitola, 2002.