

# Prirast rastertonskih vrijednosti kod inkjet pisača

---

**Damjanović, Marina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2014**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:961919>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-29**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

# ZAVRŠNI RAD

Marina Damjanović



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer: Dizajn grafičkih proizvoda

# ZAVRŠNI RAD

## PRIRAST RASTERTONSKIH VRIJEDNOSTI KOD INKJET PISAČA

Mentor:

doc. dr. sc. Igor Zjakić

Studentica:

Marina Damjanović

Zagreb, 2014.

## **SAŽETAK**

Usprkos naglom i sve boljem razvoju digitalnih tehnologija u grafičkoj industriji, a i onih konvencionalnih, još uvijek se u procesu tiska ne mogu izbjeći određena odstupanja. Jedna u nizu takvih pojava je i prirast rastertonskih vrijednosti, pojava koju je nemoguće izbjeći u svakoj tehnici otiskivanja. U ovom završnom radu ispitivat će se prirast rastertonskih vrijednosti na otiscima otisnutim pomoću Inkjet tehnike tiska, na tri vrste tiskovnih podloga. Tiskovne podloge su tri vrste papira, namjenjene za digitalni tisak. Mjerit će se gustoća obojenja zadanog uzorka po poljima rastertonskih vrijednosti od 10 do 100 za sve boje CMYK sustava. Dobiveni podatci uvrštavat će se u predviđenu formulu za izračun stvarne rastertonske vrijednosti. Izračunati podatci će se uvrštavati u graf, gdje će se vidjeti odnos izračunatih i optimalnih vrijednosti na temelju čega će se moći izvesti zaključak o odabranoj temi.

**KLJUČNE RIJEČI** Inkjet, prirast rasterskog elementa, digitalne tehnike tiska

## **ABSTRACT**

Despite the rapid and better development of digital technologies in the printing industry, as well as those of conventional, is still in the process of printing can not avoid certain deviations. One in a series of such phenomena and dot gain phenomenon that is inevitable in every printing technique. In this final paper will examine the dot gain on prints printed using inkjet printing techniques, on three types of printing substrates. Printing substrates are three types of paper, intended for digital printing. Will be measured density tints of the selected sample of fields dot values from 10 to 100 for all CMYK color system. The data will be tanned and provided for a formula to calculate the actual screen values. The calculated data will be tanned in the graph, which will show the relation between the calculated and the optimal value based on which it will be possible to draw a conclusion about the chosen topic.

**KEY WORDS** Inkjet, dot gain, digital printing techniques

# SADRŽAJ

1. UVOD	
2. TEORETSKI DIO.....	2
2.1. Povijest Inkjet-a .....	2
2.2. Princip rada Inkjet pisača .....	4
2.3. Kontinuirani Inkjet.....	5
2.4. Kapanje na zahtjev .....	6
2.4.1. Termalni Inkjet.....	7
2.4.2. Elektrostatski Inkjet .....	8
2.4.3. Piezoelektrični Inkjet .....	9
2.5. Bojila za Inkjet.....	10
2.6. Tiskovne podloge za Inkjet .....	11
2.7. Raster i rastriranje .....	12
2.8. Vrste rastriranja.....	13
2.9. Deformacija rasterskih elemenata .....	15
2.10. Geometrijska deformacija rasterskih elemenata .....	16
2.10.1. Smicanje.....	17
2.10.2. Dubliranje.....	17
2.10.3. Razmazivanje .....	17
2.11. Optička deformacija rasterskih elemenata .....	18
2.12. Prirast rastertonskih vrijednosti.....	19
2.12.1. Ekstremno mali prirast rastertonskih vrijednosti .....	20
2.12.2. Ekstremno veliki optički prirast rastertonskih vrijednosti .....	20
2.12.3. Ekstremno veliki ukupni prirast rastertonskih vrijednosti .....	20
3. PRAKTIČNI DIO .....	21
3.1. Cilj i svrha istraživanja.....	21
3.2. Metodologija istraživanja.....	22
3.3. Korišteni materijali i uređaji .....	23
4. PRIKAZ REZULTATA I DISKUSIJA .....	24
5. ZAKLJUČCI.....	32
6. LITERATURA.....	33

## **1. UVOD**

U današnje vrijeme, tržište grafičke industrije sve je više usmjereno na potrebe i zadovoljstvo pojedinca. Upravo iz tog razloga, digitalne tehnike tiska nalaze sve veću primjenu u grafičkoj industriji iz mnogo razloga. Digitalni tisak omogućava nastanak grafičkog proizvoda unutar okvira individualnih želja pojedinca.

Jedna od tehnika digitalnog tiska je i Inkjet, koja je zapravo relativno mlada tehnika tiska koja se razvija velikom brzinom. Glavna prednost Inkjet tehnologije je tiskanje u visokoj rezoluciji po pristupačnim cijenama. Iz tog razloga Inkjet pisači sve veću primjenu nalaze u uredskim i privatnim prostorima, a ne samo u grafičkoj industriji. Danas je Inkjet toliko moćna tehnika otiskivanja koja ima mogućnost ispisa na sve tiskovne podloge. Također preuzima veliki segment u tisku reklama i velikih formata. Inkjet se također odlikuje brzinom otiskivanja te brzinom sušenja otisaka.

Usprkos svim prednostima Inkjet tehnologije, kao i svakoj tehnici tiska, javljaju se određena odstupanja. Iz tog razloga, Inkjet tehnologiju je potrebno dodatno istraživati radi lakšeg postavljanja standarda za bolju kvalitetu finalnog proizvoda.

## **2. TEORETSKI DIO**

### **2.1. Povijest Inkjet-a**

Temelji Inkjet tehnike otiskivanja postavljeni su još u 19. Stoljeću, kada je belgijski fizičar J. A. F. Plateau opisao kontinuirano istjecanje mlaza tekućine iz kružnog otvora. Prije samog izuma računala, mnoga analogna mjerenja na električnim instrumentima bila su bazirana na ispisnoj glavi koja je vršila otiskivanje na neprekinutoj roli papira. Ispisne su se pločice tako kontinuirano elektromagnetski otklanjale pri čemu je dolazilo do formiranja različite amplitude vala. Veća osjetljivost nastat će primjenom različite frekvencije, odnosno smanjenjem kretanja pločica i djelovanjem mase. Na temelju tih činjenica, godine 1949.-te Rune Elmqvist konstruirao je prvu Inkjet mlaznicu u tvrtci Siemens-Elmea AB u Stockholmu.

Kasnih 40-ih godina prošlog stoljeća, C. Hansell iz SAD-a izumio je uređaj koji ispušta kapljice samo onda kada je to potrebno (kapanje na zahtjev – eng. Drop on demand).

1963. godine Richard Sweet sa Stanford Universitya u Palo Altu (SAD), uspio je realizirati da se iz mlaza formiraju kapljice određene veličine i točnog međusobnog razmaka. Time je ostvarena veća kontrola prilikom usmjeravanja kapljica. Kada kapljice prođu kroz određeno električno polje, nabijene kapljice skrenu u prostor za recikulaciju, a nenabijene odlaze na tiskovnu podlogu. To je ujedino bio pravi početak razvoja kontinuiranog Inkjet-a.

Tjekom 60-ih i 70-ih godina 20. st. Uglavnom se razvijao kontinuirani Inkjet, te su takvi strojevi korišteni za otiskivanje. Sweetov printer koristi binaran kod, gdje se individualne kapljice ili nabijaju ili ne nabijaju. Kasnije dolazi i do razvoja sistema s višestrukim načinom nabijanja kapljica, odnosno nabijanjem kapljica različitim iznosom naboja.

1977. godine predstavljen je prvi Inkjet pisač u boji od strane američke firme Applicon. Međutim, pravi komercijalni ulazak Inkjet tehnologije započeo je 80-ih godina, kada se razvija IBM-ovo osobno računalo koje je povezano sa Inkjet pisačem. Daljnjim razvojem računala i tehnologije dolazi do sve većeg razvoja raznih softwareskih i hardwareskih datoteka, čijom je komercijalnom prodajom omogućen daljnji razvoj i prodaja samih Inkjet printera.

U posljednjih dvadeset godina dolazi do velikog razvoja Inkjet tehnologije. Jednostavan dizajn ispisnih glava i kompatibilnost proizvodnog procesa čine proizvodnju Inkjet pisača jeftinom. 1984. godine Hewlet Packard prvi je lansirao liniju jeftinih Inkjet printera., sa ispisnim glavama koje su imale jednokratnu upotrebu. Povećala se kvaliteta ispisa i isplativost, prilikom čega je Inkjet u nekim područjima počeo zamjenjivati male tehnike otiskivanja, odnosno tampon tisak, sitotisak itd. Također, Inkjet se pokazao pogodnim za ispis fotografija prilikom čega je u potpunosti iz upotrebe istisnuo tradicionalnu srebro-halogenidnu fotografiju. Nakon pojave spremnika s bojiлом za jednokratnu upotrebu, pouzdanost takvih strojeva dodatno se poboljšava.



## 2.2. Princip rada Inkjet pisača

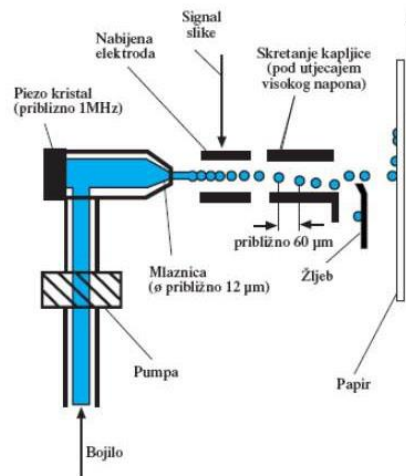
Teoretski gledano, Inkjet je vrlo jednostavna metoda otiskivanja. Prilikom otiskivanja, jedna ispisna glava formira i ispušta kapljice bojila direktno na tiskovnu podlogu. Podaci koji se ispisuju pomoću Inkjet glave, primjenit će boju iz spremnika i prenjeti ju na papir. U praksi, Inkjet tehnologija je vrlo komplicirana, a sama konstrukcija zahtjeva mnogo sitnih djelova. Današnji DTP printeri (Desktop To Publishing) imaju glave koje sadrže između 300 do 600 mlaznica, od kojih je svaka debljine ljudske vlasi, odnosno svaka je promjera oko 70 mikrona.

Kapljice koje su se oslobodile iz mlaznice, emitirat će se direktno na površinu tiskovne podloge koja je nepophodna za realizaciju budućeg otiska. Otiskivanje se vrši tako da ispisna glava pisača prelazi preko predviđene tiskovne podloge u skenirajućem modu (lijevo-desno), dok se tiskovna podloga kreće prema naprijed. Nakon što je otisak otisnut na tiskovnoj podlozi, podloga se izbacuje na izlagaću ladicu, a u stroj se ulaže novi arak papira. Da bi se postigla što veća brzina pisača, ispisna glava u isto vrijeme tiska nekoliko redova piksela, a ne samo jedan. [1]

Izvedba Inkjet pisača može se okarakterizirati brzinom ispisa i rezolucijom. Brzina ovisi o frekvenciji kapanja i intervalu između dvije uzastopno formirane kapljice. Običnom pisaču potrebno je oko pola sekunde da ispiše jednu liniju na tiskovnoj podlozi. Brzina pisača može se povećati dodavanjem broja ispisnih glava ili mlaznica. Rezolucija otiskivanja ovisi o formiranom volumenu kapljice. Manji volumen kapljice znači bolju rezoluciju otiska. Volumen kapljice određen je promjerom mlaznice i dužinom trajanja impulsa. Također, na krajnji rezultat otiska utječe i sama tiskovna podloga. Do različitog raspršivanja te nekontroliranog razlijevanja bojila doći će ovisno o interakciji bojilo – tiskovna podloga. Na rezoluciju također može utjecati i tip dokumenta odnosno, softverski program koji se koristi pri postavkama na računalu.

### 2.3. Kontinuirani Inkjet

Prilikom tiskanja, kontinuirani Inkjet konstantno izbacuje kapljice bojila iz glave pisača. Princip rada temelji se na jednoj pisačkoj glavi koja se pomiče duž tiskovne podloge koja je omotana oko rotirajućeg bubnja. Kontinuirani Inkjet baziran je na tehnologiji koja omogućuje stvaranje visokofrekventnog kapljičnog mlaza. Pumpa vodi bojilo iz rezervara u jednu ili više manjih mlaznica, koje konstantno izbacuju kapljice na frekvenciji od 50 kHz do 1MHz i to uz pomoć vibrirajućeg piezoelektričnog kristala. Veličina tih kapljica koje izlaze iz mlaznice ovisit će o promjeru mlaznice, viskozitetu boje, površinskoj napetosti boje te frekvenciji pobude. Kapljice prolaze kroz set elektroda koje nabijaju određenu kapljicu sukladno signalu slike generirane u računalu. Kapljice zatim prolaze kroz skretnicu koja uz pomoć elektrostatskog polja otklanja one kapljice koje trebaju doći na tiskovnu podlogu, dok ostale vraća u žlijeb. Postoje jednobitni i višebitni način kontinuiranog Inkjeta. Kod jednobitnog Inkjet otiskivanja razlikujemo nabijeno i ne nabijeno stanje kapi. Nabijene kapi pri tom završavaju na tiskovnoj podlozi. Kod višebitnog Inkjet otiskivanja kapljice je moguće nabiti različitom jačinom naboja. Kod višebitnog principa mlaz boje se može reproducirati u šesnaest različitih pozicija, čime se u jednom prolasku postiže otiskivanje linije debljine do 10 mm. S višebitnim kontinuiranim Inkjet-om kapljice koje se nabijaju odlaze na tiskovnu podlogu.

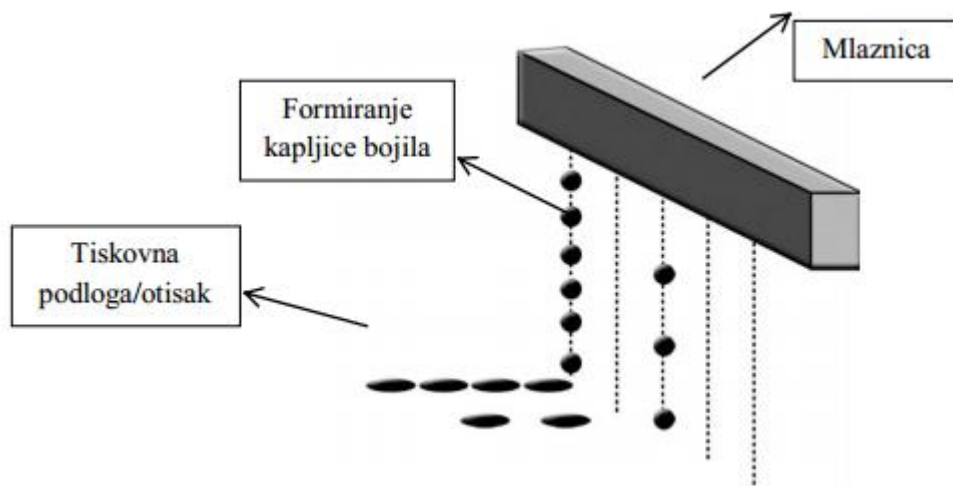


Slika 1. Princip rada kontinuiranog Inkjet pisača  
(Kipphan, H., (2001.), *The handbook of print media*, Springer)

## 2.4. Kapanje na zahtjev

Tehnologija Inkjet „kapanje na zahtjev“ (DoD – eng. Drop on Demand) generira kapljice tek onda kada su potrebne. Kod ovakve vrste Inkjet tehnologije koristi se veliki broj mlaznica, te one istiskuju točno onoliko kapljica koliko je potrebno. U mikro komorama su smješteni elektronički elementi koji su direktno spojeni s računalom za generiranje slike, što osigurava preduvjet za formiranje kapljica. Kapljice boje nanose se samo na određena područja tiskovne podloge u točno određenom trenutku. Tekuće bojilo se najčešće izbacuje piezo ili termalnom tehnologijom ispisivanja. Također, ova tehnologija se naziva i visoko rezolucijska tehnologija jer može otisnuti i do 1200 dpi.

Tri glavne podskupine ove tehnologije su: termalni, piezo i elektrostatički sustav.

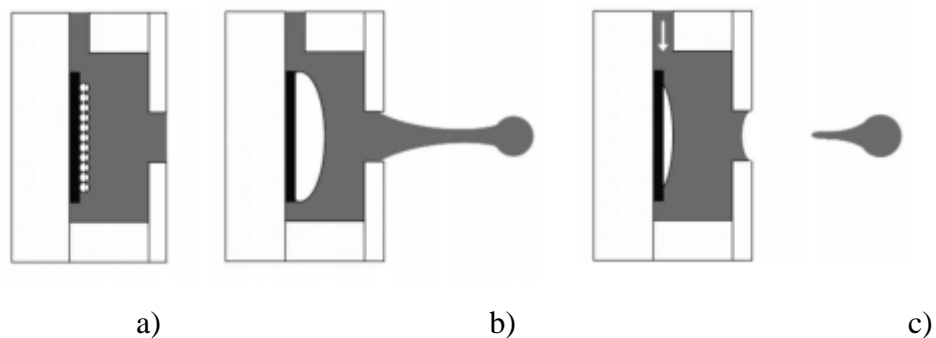


Slika 2. Princip rada Inkjet tehnologije „kapanje na zahtjev“

(Magdassi, S. (2010.), *The chemistry of Inkjet inks*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., UK)

### 2.4.1. Termalni Inkjet

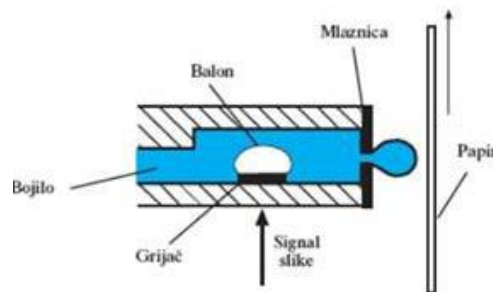
Kod termalnog Inkjet procesa, tekuće bojilo koje se nalazi u mikro komori se zagrijava. Zagrijavanjem bojilo prelazi u plinsko stanje, nakon čega se određena količina bojila izbacila iz mlaznica. Dakle, kapljice nastaju prilikom djelovanja kratkog i preciznog pulsiranja toplinske energije (temperatura do 350 °C). Toplina se stvara kada električni signal aktivira grijač koji će uzrokovati isparavanje boje te formiranje plinskog mjehura. Rezultat ovakvog procesa je stvaranje mjehurića vodene pare. Prestankom zagrijavanja mjehurić nestaje, kapljica se odvaja te kapilarna sila usisava svježe bojilo u komoru s mlaznicom.



Slika 3. Formiranje kapljice tehnologijom termalnog Inkjet-a

(<http://nanolithography.spiedigitallibrary.org/article.aspx?articleid=1098459>)

- a) Zagrijavanje grijača na temperaturu do 350 °C
- b) Isparavanje bojila, formiranje mjehura i kapljice bojila, istiskivanje bojila iz mlaznice
- c) Prestanak zagrijavanja komore, odvajanje kapljica bojila, kapilarna sila usisava novo bojilo u mlaznicu



Slika 4. Osnovni princip termalnog Inkjet-a

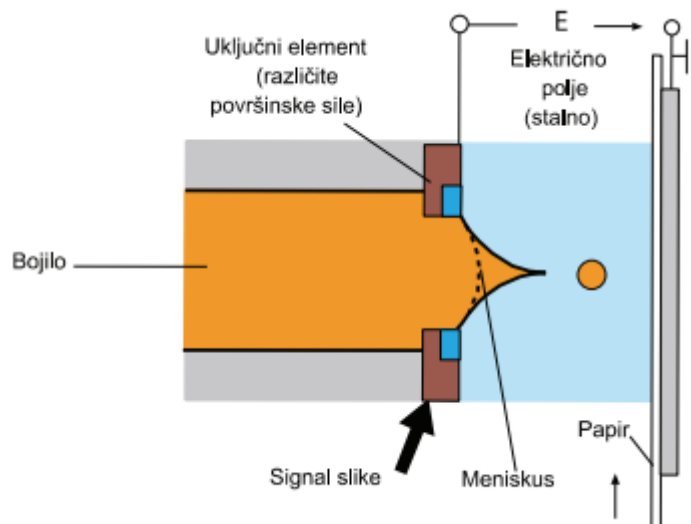
(Kipphan, H., (2001.), *The handbook of print media*, Springer)

## 2.4.2. Elektrostatski Inkjet

Tehnologija elektrostatskog Inkjet-a, druga je varijanta „drop on demand“ Inkjet procesa. Razlikuju se tri različite varijante elektrostatskog Inkjet-a: elektrostatski Inkjet temeljen na Tayylorovu efektu, elektrostatski Inkjet s kontroliranim prstenastim grijačem i mist elektrostatski Inkjet. Navedene varijante elektrostatskog Inkjet-a konstrukcijski su različite, a zajedničko im je formiranje električnog polja koje će djelovati između ispisne glave i tiskovne podloge. [2]

Kapljice bojila nastaju prilikom formiranog napona ostvarenog od strane vršne elektrode. Pri tom na vrhu mlaznice dolazi do smanjenja površinske napetosti koja će osloboditi kapljicu. Takve kapljice se usmjeravaju kroz električno polje, sve do tiskovne podloge. Kada nema djelovanja električnog polja na otvoru mlaznice se formira minijaturni meniskus. Aktiviranjem električne struje oslobađa se kapljica koja se usmjerava prema električii provodljivoj podlozi. Povećanjem napona, odnosno što je jača struja povećava se i volumen kapljice.

Ova Inkjet tehnologija je brza, tiska na razne podloge i daje kvalitetne otiske. Nedostatak je ograničenost na određene formate i slabija trajnost otiska.

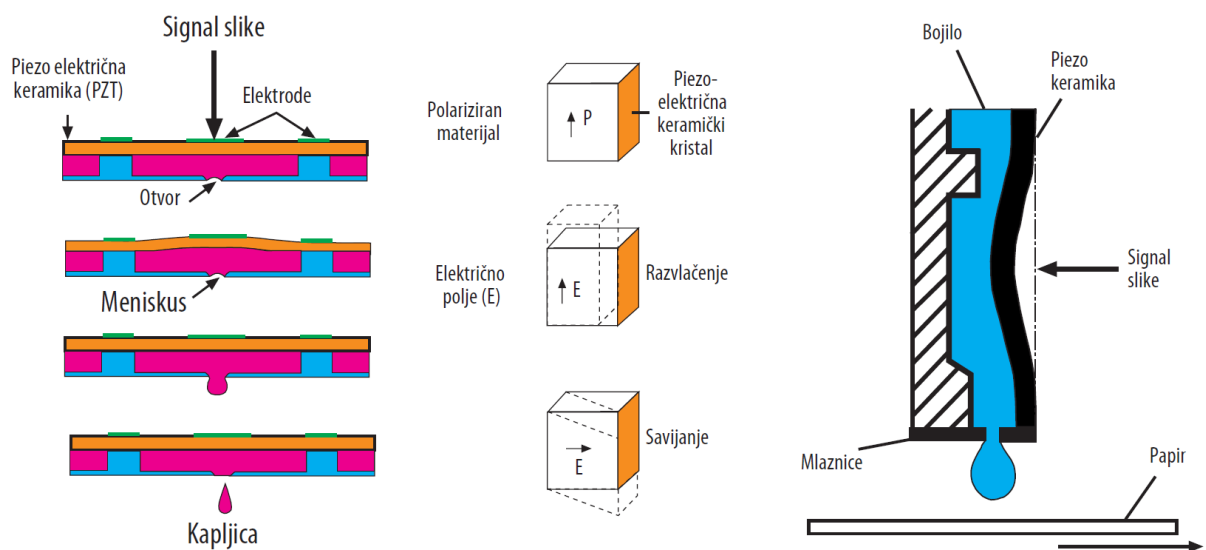


Slika 5. Princip elektrostatskog Inkjet-a  
(Kipphan, H., (2001.), *The handbook of print media*, Springer)

### 2.4.3. Piezoelektrični Inkjet

Inkjet tehnologija koja se danas najviše koristi je upravo piezoelektrično Inkjet otiskivanje. Kod piezo Inkjet sustava kap je generirana kao rezultat promjene volumena unutar komore s bojilom zbog piezoelektričnog efekta (slika 6). To je omogućeno ugradnjom piezo kristala (polarizirajućeg materijala) koji mjenja svoj volumen pod djelovanjem električnog napona. Prestankom djelovanja napona piezo kristal vraća se u prvobitan oblik, dolazi do nastajanja podtlaka, a samim time i izbacivanaj kapljice kroz mlaznicu. Dobivena kapljica jednaka je deformaciji piezo kristala, koji će osigurati novo punjenje mlazne komore. Ovisno o vrsti i veličini deformacije ovisit će i veličina buduće kapljice.

Dobivene kapljice jednakog su volumena. Piezo Inkjet pisači koriste rjetka bojila dinamičke viskoznosti od 1 do 10 mPa·s. Bojilo se sastoji od sitnih pigmenata organskog otapala i izvorno obojeen tekućine kao dodatni nosioci obojenja. Kod Piezo Inkjet sustava moguće je također primjeniti i taljivo bojilo. Ono mjenja agregato stanje iz krutog u tekuće pri temperaturi  $T=150\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



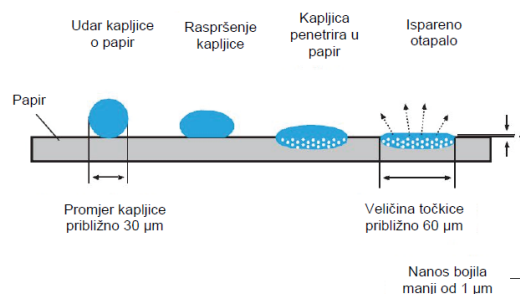
Slika 6. Način formiranja kapljice kod Piezo Inkjet tehnologije  
(Kipphan, H., (2001.), *The handbook of print media*, Springer)

## 2.5. Bojila za Inkjet

Kao i kod svake tehnike otiskivanja i kod Inkjet-a je bojilo jedan od najvažnijih parametara za dobivanje otiska. Inkjet tisak je vrlo ovisan o fizikalno-kemijskim svojstvima primjenjenog bojila. Inkjet bojilo mora ispunjavati mnoge zahtjeve kao što su stabilnost, kapljivost, gustoća obojenja, vlaženje i prijanjanje na tiskovnu podlogu. Iz toga razloga, njegova je priprema komplicirana.

Bojila za Inkjet dijele se na tekuća i taljiva bojila. Nadalje, tekuća bojila se dijele na standardna (bojila na bazi vode i bojila na bazi otapala) i UV boje. Sa tekućim bojilima moguće je ostvariti tanki nanos boje, debljine 0,5  $\mu\text{m}$ . Kod UV i taljivih bojila, debljina nanosa kreće se između 10 i 15  $\mu\text{m}$ . Deblji nanos stvara reljefnu strukturu koja može utjecati na konačni vizualni dojam. Glavna uloga bojila je prjenos molekula specifičnog obojenja na podlogu. Za takve sintetički izrađene molekule, pojednostavljeni je naziv nositelji obojenja. To su obično: organski pigmenti, izvorno obojane tekućine, polimeri i UV monomeri. Kada se bojilo jednom pripremi, ono mora sadržavati određena fizikalno-kemijska svojstva. Karakteristike bojila ne smiju biti promjenjive duži vremenski period, a to je obično dvije godine od njene proizvodnje. Svim bojilima za Inkjet zajedničko je da moraju biti tekući kada izađu iz mlaznice.

Kod Inkjet bojila vezivo nosi molekule koje daju obojenju i služi za njihov transport. Najčešća veziva mogu biti: voda, organsko otapalo i tekući monomeri. Bojila također mogu sadržavati i aditive koji imaju određenu ulogu. To su obično: površinski aktivne tvari, konzervansi i fotoinicijatori. To su uglavnom polimeri koji omogućuju vezanje molekula za tiskovnu podlogu ne mjenjajući pritom izvorno obojenje.



Slika 7. Primjer prijanjanja kapljice bojila na površinu tiskovne podloge i njeno prodiranje unutar tiskovne podloge

(Kipphan, H., (2001.), *The handbook of print media*, Springer)

## **2.6. Tiskovne podloge za Inkjet**

Tehnika Inkjet otiskivanja podržava tiskanje na svim vrstama podloge. U cjelokupnoj grafičkoj industriji papir i karton su se pokazale kao najzastupljenije tiskovne podloge, počevši od Inkjet-a pa do ostalih tehnika suvremenog tiska. Tiskovne podloge za Inkjet dijele se u dvije osnovne kategorije. Prva podjela papira je ona na naravne papire i premazane papire. Ovakva podjela nastala je u ovisnosti o postojanju površinskog sloja koji će prihvatiti boju i formirati veći intezitet obojenosti. Naravni papir je obični multifunkcionalni papir koji se koristi kod laserskih i uredskih pisača. Kod premazanih papira površina je premazana, što pomaže prihvaćanju bojila.

Ovakve vrste papira daju kvalitetne višebojne otiske, bolju jasnoću i oštrinu otiska. U tim premazima nalaze se sastojci poput silikona, titan dioksida, kalcijevog karbonata i različitih polimera. Većina Inkjet bojila u sebi sadrži površinski aktivne tvari i imaju dobru mogućnost penetracije. Na samu kvalitetu otiska najviše utječe tip bojila, ali također velikim djelom na kvalitetu otiska utječe i tiskovna podloga. [4]

Specijalna Inkjet podloga mora imati nekoliko karakterističnih svojstava kako bi bila moguća visoka kvaliteta otiska. Nakon što kapljice dođu do tiskovne podloge, ne smiju se razmazivati i moraju se ravnomjerno raširiti u svim smjerovima. Također, tiskovna podloga mora biti adekvatno glatka kako bi se dobila visoka gustoća obojenja. Tiskovna podloga isto tako mora imati sposobnost brze absorpcije bojila. Ako je bojilo prebrzo absorbirano u tiskovnu podlogu, postoji mogućnost slabe gustoće obojenja. Ako se pak s druge stranene absorbira dovoljno brzo, bojilo se može razliti i time pokvariti otisak. Dakle, potrebno je postići adekvatnu ravnotežu bojila i tiskovne podloge za odgovarajući i kvalitetan otisak. To se radi manipulacijom svojstvima tiskovne podloge.



## 2.7. Raster i rastriranje

Osnova svake višebojne reprodukcije je raster. Raster služi kao sredstvo pomoću kojeg se obavlja rastriranje. Drugim riječima, raster je medij za simuliranje vrijednosti originala. Rastriranje slike je proces kojim se smanjuje broj sivih tonova ili boja na slici, a da se pritom ne narušava vizualna iluzija i kontinuiranost tonova. Produkt samog rastriranja je rasterski element. Rastrirane je vrlo bitan segment grafičke industrije zbog ograničenja koje posjeduju gotovo sve tehnike tiska za reprodukcijom više tonova. Sve višetonske reprodukcije zasnivaju se na optičkoj iluziji, jer je ljudsko oko tromo i nema mogućnost raspoznavanja pojedinačnih sitnih rasterskih elemenata, koji se u ljudskom oku stope u višetonsku sliku. Rasterske elemente moguće je uočiti pomoću optičkog pomagala sa velikim uvećanjem (lupa). Što je rasterski element manji, teže ga je uočiti na samom otisku.

U novije vrijeme rastriranje predložaka i tiskovnih formi potpuno je digitalizirano i rastriranje se obavlja na različite načine ovisno o vrsti algoritma. Danas, osim promjene veličine rasterskog elementa, omogućena je i promjena razmaka između rasterskih elemenata, te promjena oblika rasterskog elementa.



*Slika 8. Primjer rastriranja višetonske slike*

<http://www.tiskarstvo.net/tiskarstvo2011/clanciWeb/MajaRudolf/MajaRudolfTehnologijaRasterskih.html>

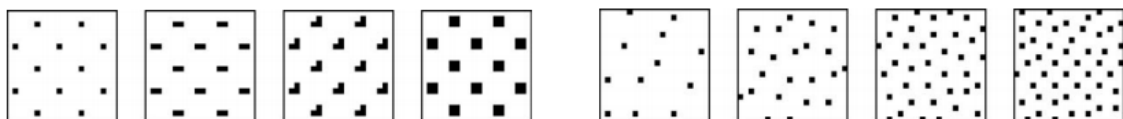
## 2.8. Vrste rastriranja

Teoretski gledano svaki rasterski element pravilnog je oblika. U grafičkoj proizvodnji oblik rasterskog elementa i pokrivenost ovise o tehnici tiska, samoj tiskovnoj podlozi i vrsti bojila. Ako se promatra rasterski element, intezitet reflektirane svjetlosti definiran je s veličinom i pokrivenosti bojilom rasterskog elementa. Na doživljaj različitih tonova koje ljudsko oko uočava pomoću refleksije s rastrirane površine utječu razni faktori. Intezitet doživljaja tonaliteta ovisit će i o interakciji podloge s rasterom, bojila s rasterom itd.

Podjela rastera vrši se na dvije osnovne skupine: amplitudno modulirani ili klasični raster (AM) i frekventno modulirani ili stohastički raster (FM).

Kod amplitudno modeliranog rastera doživljaj različitih tonaliteta uvjetovan je promjenom veličine rasterskog elementa, dok razmak između rasterskih elemenata ostaje konstantan. Konstantnost razmaka između rasterskih elemenata ne ovisi o njihovom obliku. Korištenje AM rastera u grafičkoj industriji vrlo je rašireno. Razlog je vrlo kvalitetna mogućnost reproduciranja skoro cijelog raspona rastertonskih vrijednosti. Upotreba ovakve vrste rastera nepogodna je kod reprodukcije sitnih detalja. Ovakvo ograničenje uvjetovano je veličinom rasterskih elemenata koji variraju ovisno o pokrivenosti površine. Veličina rasterskog elementa najčešći je uzrok lošeg reproduciranja sitnih detalja.

Kod frekventno moduliranog rastera osjećaj tonaliteta dobiva se različitim udaljenostima između rasterskih elemenata, a veličina rasterskog elementa ostaje konstantna. Za razliku od AM rastera, FM raster nudi mogućnost kvalitetnog reproduciranja sitnih detalja. FM rasteri rjeđe se koriste prilikom reproduciranja jednoličnih površina, zbog pojavljivanja „brazdi“ na otisku koje u stvarnosti ne postoje, već se javljaju kao optička varka koja nastaje zbog tromosti ljudskog oka. Kod FM rastera također je česta pojava prirasta raster tonskih vrijednosti.



Slika 9. a) AM raster

b) FM raster

[http://repro.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/2013-R3-1-Rasteri-1.pdf](http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/2013-R3-1-Rasteri-1.pdf)

- a) Amplitudno modulirani (klasični raster) – promjena veličine rasterskog elementa, razmak između rasterskih elemenata konstantan
- b) Frekventno modulirani (stohastički) raster – veličina rasterskog elementa konstantna, različita udaljenost između rasterskih elemenata

Hibridni rasteri su rasteri koji su sastavljeni od elemenata amplitudno i frekventno moduliranog rastera. Ovakva vrsta rastera ima određene prednosti prilikom reprodukcije tonova. U novije vrijeme osmišljeni su mnogi novi algoritmi koji s hibridnim rasterima omogućuju reprodukciju malih i velikih RTV upotrebom FM raster, dok se srednji tonovi reproduciraju uz pomoć AM rastera. Kod hibridnog rastera, rasterski elementi mogu biti raznih oblika, kao na primjer četverokut, trokut, linija ili mogu biti posebno dizajnirani oblici poput svjetiljke, automobila, kuće, itd.

U nekim tehnikama tiska doživljaj gustoće obojenja uvjetovan je različitim obojenjem pojedinačnih rasterskih elemenata. Ovakva vrsta rastriranja moguća je kod Inkjet tehnike tiska, elektrofotografije i kod bakrotiska. Također je moguće mjenjati veličinu rasterskih elemenata.

## 2.9. Deformacija rasterskih elemenata

Kvaliteta reprodukcije u velikoj mjeri ovisi o deformaciji rasterskih elemenata. Kvalitetno ustanovljen problem i kvalitetno postavljen sustav koji na adekvatan način smanjuje deformacije rasterskih elemenata osnovni je i najbitniji uvijek omogućavanja kvalitetnog tiska, ponovljivosti procesa i povećanja kvalitete grafičkog proizvoda u cjelosti. Teoretski gledano, rasterski element je definiran tako da pokriva određeni dio elementarne površine. Kvaliteta otiska i raspon integralne gustoće obojenja ovisi o nizu uvjeta koji utječu na veličinu rasterskog elementa prilikom procesa otiskivanja.

Faktori koji mogu deformirati rasterski element tijekom procesa tiska, utječu na rasterski element tako da se on poveća (pozitivna deformacija) ili smanji (negativna deformacija) u odnosu na teoretsku površinu. U većini slučajeva deformacija rasterskog elementa je pozitivna.

Deformaciju rasterskog elementa moguće je ustanoviti razlikom radijusa između teoretske i stvarne veličine rasterskog elementa. Kad je stvarna veličina rasterskog elementa veća od teoretske veličine tada nastaje pozitivna deformacija, a u obrnutom slučaju nastaje negativna deformacija. Ako rasterski elementi nisu okruglog oblika već npr. kvadrat ili elipsa, tada se deformacija može prikazati kao razlika teoretske i stvarne veličine duže dijagonale. Kod rasterskih elemenata koji su sastavljeni od linija, sinusoide i sl., deformacija rasterskog elementa može se prikazati kao razlika debljine rasterskog elementa između teoretske i stvarne veličine. [4 ]

Deformacija rasterskih elemenata događa se neovisno o vrsti rastriranja, pa je ona svakako neizbježna u procesu tiska, bila pozitivna ili negativna. Stoga je cilj svake reprodukcije izbjeći te deformacije koliko je god moguće.

Deformacija rasterskih elemenata dijeli se na geometrijsku deformaciju i optičku deformaciju.

## **2.10. Geometrijska deformacija rasterskih elemenata**

Geometrijska deformacija nastaje prilikom mehaničkih djelovanja na rasterski element za vrijeme i nakon tiska. Općenito je u konvencionalnim tehnikama tiska teško postići jednake obodne brzine cilindara i drugih uvjeta preko kojih se rasterski elementi prenose na tiskovnu podlogu. Iz toga razloga je vrlo bitno da tehnološki prostor na temeljnom cilindru bude točno propisane debljine. Iz istog razloga, debljina gumene navlake zajedno s podlogom mora biti ona koju propisuje proizvođač. Tek je tada zagantirano da će obodne brzine u toku tiska biti unutar propisanih tolerancija.

Kako se tisak obavlja na različitim debljinama tiskovnih materijala, reguliranje pritiska materijala i ofsetnog cilindra uz pomoć tiskovnog cilindra obavlja se za svaki materijal. Nepravilnim postavljanjem pritiska, osovine cilindara nisu u propisanom razmaku što znači da će promjena radijusa dodirne točke i osovine cilindra za vrijeme tiska uzrokovati različitu obodnu brzinu. [4]

Kada se otiskivanje vrši uz nepravilno definiran tehnološki prostor, valjci koji su u dodiru sa tiskovnom formom neće biti u pravilnom kontaktu. Razlog tome također je promjena radijusa temeljnog cilindra. U tom slučaju valjci se okreću brže ili sporije od obodne brzine temeljnog cilindra, a što je najvažnije za deformaciju rasterskog elementa, on gubi pravilni oblik i postaje veći već na gumenom cilindru. Kkoa je gumena navlaka kompresibilni materijal, zbog tlačne sile će također doći do deformacije rasterskih elemenata.

Geometrijska deformacija rasterskih elemenata za vrijeme i nakon tiska može se najčešće dogoditi uslijed: smicanja, dubliranja, razmazivanja.

### **2.10.1. Smicanje**

Smicanje predstavlja deformaciju rasterskog elementa kod koje rasterski element postaje izdužen u jednom od smjerova. Karakteristika tako deformiranog rasterskog elementa je da je izduženje rasterskog elementa (u smjeru tiska) optički vrlo slične gustoće obojenja kao teoretska veličina rasterskog elementa. Deformacija rasterskog elementa uslijed smicanja razlog je različite obodne brzine temeljnog, ofsetnog i tiskovnog cilindra. Otkrivanje smicanja moguće je izvesti promatranjem rasterskog elementa pod dovoljno velikim povećanjem s kojim se vide razlike u gustoći obojenja teoretske i stvarne površine rasterskog elementa. Od navedenih pojava koje uzrokuju geometrijsku deformaciju rasterskog elementa, smicanje je najčešća.

### **2.10.2. Dubliranje**

Dubliranje je geometrijska deformacija rasterskog elementa koja se najčešće događa uslijed dodira cilindra kad je gumena navlaka nedovoljno nategnuta ili kada su nepravilne vrijednosti debljine podloge ispod gumeen navlake. Karakteristika takve geometrijske deformacije je trag rasterskog elementa koji nije iste gustoće obojenja kao teoretski element. Trag koji se nalazi iza rasterskog elementa manje je gustoće obojenja od gustoće obojenja teoretske veličine rasterskog elementa. Ova pojava je rjeđa u tisku i vrlo teško se ustanovljava.

### **2.10.3. Razmazivanje**

Razmazivanje rasterskog elementa najčešće se ne događa u tisku, već nakon tiska ako dođe do pojave struganja nekih dijelova stroja ili poleđinee tiskovnog materijala otiska koji nadolazi. Razmazivanje se može dogoditi na onim mjestima na stroju na kojima dolazi svježe otisnuti arak u mehanički dodir sa strojem. Razmazivanje se također može dogoditi tokom višebojnog tiska kad nema struganja već kad je količina ukupnog bojila na otisku tolika da se prilikom tiska slijedeće boje rasterski element razmazuje iz razloga nemogućnosti zadržavanja na površini materijala uslijed pritiska cilindra nadolazećih boja. Ova pojava se često javlja kod tiska na neupojnim materijalima.

### **2.11. Optička deformacija rasterskih elemenata**

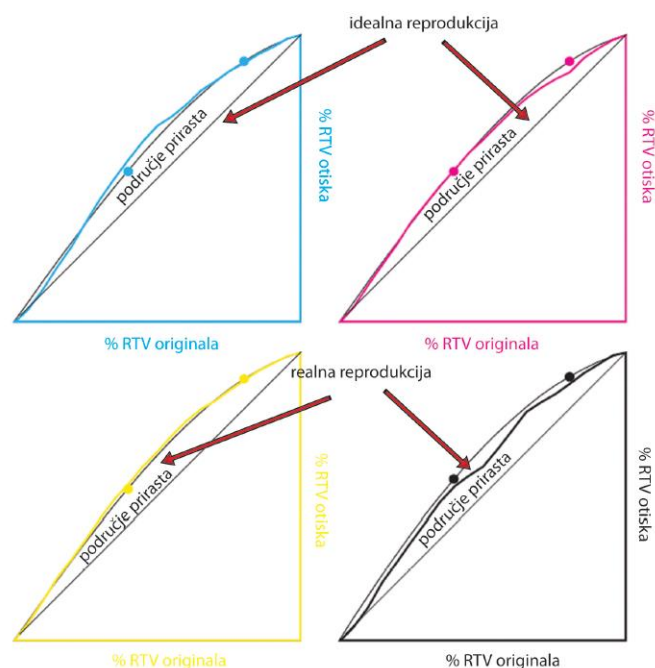
Kada bi refleksija svjetlosti bila idealna, problemi u tisku koje ove deformacije uzrokuju vrlo lako bi se riješavali nakon kvalitetnog pronalaska pogreške koja je uzrok deformacije. Prilikom prolaska svjetlosti kroz tiskovnu podlogu dio svjetlosti vraća se reflektirana od unutarnjih slojeva tiskovne podloge. Takva pojava poznata je pod nazivom halo efekt. Rezultat takve refleksije svjetlosti je doživljaj proširenja rasterskog elementa.

## 2.12. Prirast rastertonskih vrijednosti

Prilikom pojave deformacije rastertonskih elemenata površina koja se otiskuje ovisna je o razlici teorijske i stvarne pokrivenosti. Povećanje stvarne pokrivenosti u odnosu na onu teorijsku naziva se prirast rastertonskih vrijednosti (RTV). Pojava prirasta rastertonskih vrijednosti redoviti je problem prilikom procesa tiska, a može se riješiti tek nakon što se prvo ustanovi vrijednost prirasta rastertonskih vrijednosti, a zatim određenim metodama predvidi i smanjuje prije i u toku tiska.

Problem kod ustanove prirasta rastertonskih vrijednosti je taj što se vrlo teško može ustanoviti vrijednost geometrijske i optičke deformacije koja svaka za sebe djeluje na smanjenje kvalitete tiska. Iz tog razloga se ustanovljuju i geometrijske i optičke deformacije rastertonskih elemenata, odnosno razlika teorijske i stvarne veličine rastertonskih elemenata radi izračunavanja ukupnog prirasta rastertonskih vrijednosti.

Kvalitetan otisak podrazumjeva što manju toleranciju prirasta rastertonskih vrijednosti, manji prirast podrazumjeva reprodukciju sličniju originalu. Kako bi se kvalitetno prezentirale karakteristike prirasta RTV-a u tiskovnom sistemu, potrebno je prikazati krivulje prirasta za svaku osnovnu boju (slika 10). [5]



Slika 10. Pojedinačne krivulje realne i idealne reprodukcije osnovnih boja CMYK-a

[http://eprints.grf.unizg.hr/1841/1/DB103\\_Alijagi%C4%87\\_Maja.pdf](http://eprints.grf.unizg.hr/1841/1/DB103_Alijagi%C4%87_Maja.pdf)



### **2.12.1. Ekstremno mali prirast rastertonskih vrijednosti**

U grafičkoj industriji, tisak bez prirasta rastertonskih vrijednosti nije moguć, ali se pri određenim uvjetima može dovesti blizu graničnim vrijednostima u kojima je prirast rastertonskih vrijednosti jednak nuli.

Prilikom tiska vrlo male finoće rastera, promjena površine rasterskog elementa uslijed povećanja opsega ne djeluje na ukupnost doživljaja povećanja rasterskog elementa kao kod finijih rastriranja. Takva situacija moguća je kod tiska velikih reklamnih plakata, gdje finoća rastera može biti samo nekoliko rasterskih elemenata na 1 cm ili čak i manje jer je promatranje ovakvog tipa grafičkog proizvoda predivđeno na velikoj udaljenosti, pri kojoj ljudsko oko ne može razaznati pojedine rasterske elemente.

### **2.12.2. Ekstremno veliki optički prirast rastertonskih vrijednosti**

Ekstremno veliki prirast rastertonskih vrijednosti javlja se kad se u procesu tiska koriste tiskovni materijali s vrlo grubom površinom, odnosno, kada je površina tog materijala takva da reflektira difuznu svjetlost koja se površinski rasipa više od veličine rasterskog elementa. Takvo rasipanje moguće je prilikom tiska FM rastera s malim rasterskim elementima.

### **2.12.3. Ekstremno veliki ukupni prirast rastertonskih vrijednosti**

Ekstremno veliki ukupni prirast rastertonskih vrijednosti nastaje kad je proširenje rasterskog elementa jako veliko da rastriranje nema ulogu u stvaranju tonske reprodukcije. Prilikom ovakvih slučajeva, doživljaj tona nastaje samo slijed suptraktivnog mješanja boja na otisku.

Prilikom pojave ekstremnog prirasta rastertonskih vrijednosti, optički prirast rastertonskih vrijednosti nema utjecaj na doživljaj povećanja gustoće obojenja otiska. Navedeni prirast moguć je kao i kod optičkog prirasta na otiscima nastalim finim frekventno moduliranim rastriranjem, ali i na otiscima digitalne Ink jet tehnologije. [2 ]

### **3. PRAKTIČNI DIO**

#### **3.1. Cilj i svrha istraživanja**

Prilikom svakog procesa tiska, neovisno o odabranoj tehnici, pojava prirasta rasterskog elementa je uobičajena. Ta pojava rezultira pretamnim otiscima. Za standardizaciju kvalitete grafičkog proizvoda potrebno je definirati po mogućnosti što veći broj parametara procesa proizvodnje kako bi se lakše uočio segment proizvodnje koji narušava kvalitetu finalnog proizvoda.

Cilj ovog istraživanja je da se pomoću dobivenih i izmjerenih vrijednosti ustanovi prirast rasterskog elementa na Inkjet pisačima, u svrhu lakšeg korigiranja vrijednosti boja prema optimalnim rezultatima, kako bi se na temelju toga postigla reprodukcija što vjerodostojnija originalu.

### 3.2. Metodologija istraživanja

Eksperimentalni dio završnog rada bavit će se mjerenjem i usporedbom prirasta rasterskog elementa na različitim tiskovnim podlogama.

Istraživanje unutar ovog završnog rada provodit će se na otiscima dobivenim pomoću digitalne tehnike tiska Inkjet.

Prilikom izrade potrebnog predloška za mjerenje, formirano je 10 polja veličine 10 x 10 mm. Gustoća obojenja prvog polja bila je 10% određene boje, zatim se za svako sljedeće polje povećavala za 10 sve do 100%-tnog obojenja za svaku boju. Tako je napravljeno po 10 polja za svaku boju CMYK sustava.

Za svako polje, pomoću posebnog uređaja izmjerena je gustoća obojenja. Kako bi se dobila stvarna rastertonska vrijednost određenog polja koristila se Murray-Daviesuova formula

$$Fr = \frac{1 - 10^{-Dr}}{1 - 10^{-Dpp}} \times 100\%$$

Gdje je Fr stvarna rastertonska vrijednost određenog polja, Dr je gustoća obojenja polja koje se mjeri, a Dpp gustoća obojenja punog polja. Ukupni prirast je razlika Fr i polja kojeg se mjeri.

Stvarna rastertonska vrijednost se računa za svako polje, potom se konačni podatci prikazuju pomoću tablica i grafova za svaku boju posebno na sve tri tiskovne podloge.

### 3.3. Korišteni materijali i uređaji

Tokom istraživanja korištene su tri vrste tiskovnih podloga. Inkjet pisač može tiskati na sve vrste papira, no posebno dobri rezultati dobivaju se na Inkjet papirima. [4]

1. 80g/m<sup>2</sup> Navigator, nepremazani papir, namjenjen za uredske Inkjet pisače
2. 300g/m<sup>2</sup> kunstdruck satinirani, papir namjenjen za umjetnički tisak, mat sjaj
3. 250 g/m<sup>2</sup> satinirani papir iznimne bjeline, mat sjaj

Za mjerenje gustoće obojenja korišten je uređaj X-Rite SpectroEye. Spektrofotometar koji prilikom brzog i jednostavnog mjerenja stripova nudi denzitometrijske, kolorimetrijske i spektralne podatke. Uređaj je otvoren s prednje strane, što nudi mogućnost mjerenja većih formata bez izrezivanja. [7]



Slika 11. Spektrofotometar – uređaj za mjerenje potrebne gustoće obojenja  
<http://www.rpimaging.com/store/x-rite-spectroeye.html>

#### 4. PRIKAZ REZULTATA I DISKUSIJA

NAPOMENA: optimalne vrijednosti u tablicama uvrštene prema ISO 12647-2:2013

Rezultati za cijan boju na sve tri vrste tiskovnih podloga

RTV	Izmjere na vrijedno	Prirast	Optim
0	<b>0</b>	<b>0</b>	0
10	<b>0,08</b>	<b>8,7</b>	7
20	<b>0,16</b>	<b>14,2</b>	11
30	<b>0,24</b>	<b>17,2</b>	14
40	<b>0,35</b>	<b>21,5</b>	16
50	<b>0,52</b>	<b>27,6</b>	17
60	<b>0,7</b>	<b>28,9</b>	16,5
70	<b>1</b>	<b>30,0</b>	16
80	<b>1</b>	<b>20,0</b>	12
90	<b>1</b>	<b>10,0</b>	7
100	<b>1</b>	<b>0,0</b>	0

Tablica 1. Izračunate i izmjerene RTV vrijednosti za prvu tiskovnu podlogu

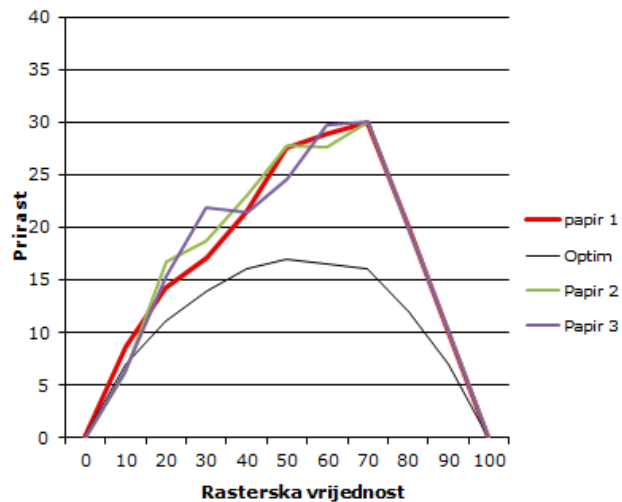
RTV	Izmjere na vrijedno st	Prirast	Optim
0	<b>0</b>	<b>0</b>	0
10	<b>0,07</b>	<b>6,1</b>	7
20	<b>0,18</b>	<b>16,7</b>	11
30	<b>0,26</b>	<b>18,7</b>	14
40	<b>0,38</b>	<b>23,1</b>	16
50	<b>0,55</b>	<b>27,7</b>	17
60	<b>0,72</b>	<b>27,6</b>	16,5
70	<b>1,12</b>	<b>30,0</b>	16
80	<b>1,12</b>	<b>20,0</b>	12
90	<b>1,12</b>	<b>10,0</b>	7
100	<b>1,12</b>	<b>0,0</b>	0

Tablica 2. Izračunate i izmjerene RTV vrijednosti za drugu tiskovnu podlogu

RTV	Izmjere na vrijedno st	Prirast	Optim
0	<b>0</b>	<b>0</b>	0
10	<b>0,07</b>	<b>6,2</b>	7
20	<b>0,17</b>	<b>15,3</b>	11
30	<b>0,28</b>	<b>21,8</b>	14
40	<b>0,36</b>	<b>21,5</b>	16
50	<b>0,5</b>	<b>24,6</b>	17
60	<b>0,75</b>	<b>29,7</b>	16,5
70	<b>1,08</b>	<b>30,0</b>	16
80	<b>1,08</b>	<b>20,0</b>	12
90	<b>1,08</b>	<b>10,0</b>	7
100	<b>1,08</b>	<b>0,0</b>	0

Tablica 3. Izračunate i izmjerene RTV vrijednosti za treću tiskovnu podlogu

U tablici 1 prikazani su rezultati mjerenja i izračuna za Cijan boju na tiskovnoj podlozi broj 1. U tablici dva su rezultati za tiskovnu podlogu 2, a u tablici 3 za tiskovnu podlogu broj 3.



Slika 12. Grafički prikaz dobivenih rezultata za cijan

U grafu broj 1 prirast rasterskog elementa raste od točke rasterske vrijednosti 30 do točke 70, za sve tri vrste tiskovne podloge. U točki rasterske vrijednosti 70 prirast rasterskog elementa naglo pada zbog ispitivanog otiska gdje se cijan boja loše otisnula radi same kalibracije Inkjet uređaja. Ukupni prirast rasterskog elementa je prevelik za sve tri ispitivane tiskovne podloge.

Rezultati za magentu na sve tri vrste tiskovnih podloga

RTV	Izmjere na vrijedno	Prirast	Optim
0	<b>0</b>	<b>0</b>	0
10	<b>0,08</b>	<b>7,5</b>	7
20	<b>0,16</b>	<b>12,1</b>	11
30	<b>0,24</b>	<b>14,2</b>	14
40	<b>0,35</b>	<b>17,6</b>	16
50	<b>0,47</b>	<b>18,9</b>	17
60	<b>0,59</b>	<b>17,4</b>	16,5
70	<b>0,79</b>	<b>17,3</b>	16
80	<b>1,06</b>	<b>15,1</b>	12
90	<b>1,22</b>	<b>7,9</b>	7
100	<b>1,4</b>	<b>0,0</b>	0

Tablica 4. Izračunate i izmjerene RTV vrijednosti za prvu tiskovnu podlogu

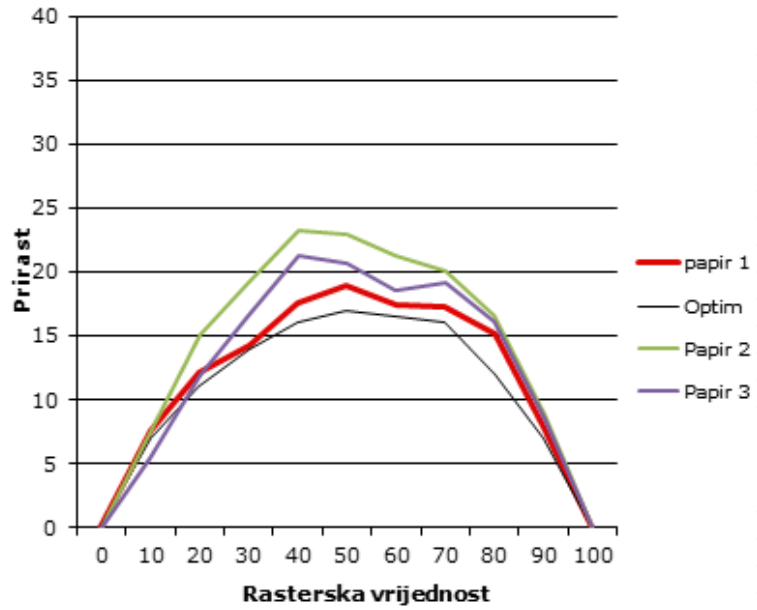
RTV	Izmjere na vrijedno st	Prirast	Optim
0	<b>0</b>	<b>0</b>	0
10	<b>0,08</b>	<b>7,4</b>	7
20	<b>0,18</b>	<b>15,1</b>	11
30	<b>0,28</b>	<b>19,1</b>	14
40	<b>0,41</b>	<b>23,2</b>	16
50	<b>0,53</b>	<b>22,9</b>	17
60	<b>0,67</b>	<b>21,3</b>	16,5
70	<b>0,89</b>	<b>20,1</b>	16
80	<b>1,18</b>	<b>16,6</b>	12
90	<b>1,36</b>	<b>8,9</b>	7
100	<b>1,48</b>	<b>0,0</b>	0

Tablica 5. Izračunate i izmjerene RTV vrijednosti za drugu tiskovnu podlogu

RTV	Izmjere na vrijedno st	Prirast	Optim
0	<b>0</b>	<b>0</b>	0
10	<b>0,07</b>	<b>5,4</b>	7
20	<b>0,16</b>	<b>11,9</b>	11
30	<b>0,26</b>	<b>16,6</b>	14
40	<b>0,39</b>	<b>21,3</b>	16
50	<b>0,5</b>	<b>20,7</b>	17
60	<b>0,62</b>	<b>18,6</b>	16,5
70	<b>0,86</b>	<b>19,1</b>	16
80	<b>1,15</b>	<b>16,1</b>	12
90	<b>1,33</b>	<b>8,6</b>	7
100	<b>1,48</b>	<b>0,0</b>	0

Tablica 6. Izračunate i izmjerene RTV vrijednosti za treću tiskovnu podlogu

U tablici 4 prikazane su izmjerene i izračunate vrijednosti za cijan boju na prvoj tiskovnoj podlozi, u tablici 5 za drugu tiskovnu podlogu i u tablici 6 za treću tiskovnu podlogu.



Slika 13. Grafički prikaz rezultata za magentu

U grafu broj 2 za magentu, vidi se da je prirast rasterskog elementa za prvu ispitivanu tiskovnu podlogu najbliži optimalnim vrijednostima za prirast rasterskog elementa. To nije slučaj za druge dvije podloge, gdje je širast rasterskog elementa prevelik u rasterskim vrijednostima od 30 do 80.



Rezultati za žutu boju na sve tri vrste tiskovnih podloga

RTV	Izmjere na vrijedno	Prirast	Optim
0	0	0	0
10	0,06	4,1	7
20	0,12	6,4	11
30	0,18	7,2	14
40	0,28	12,1	16
50	0,36	11,7	17
60	0,48	13,3	16,5
70	0,59	11,4	16
80	0,72	8,7	12
90	0,98	8,1	7
100	1,06	0,0	0

Tablica 7. Izračunate i izmjerene RTV vrijednosti za prvu tiskovnu podlogu

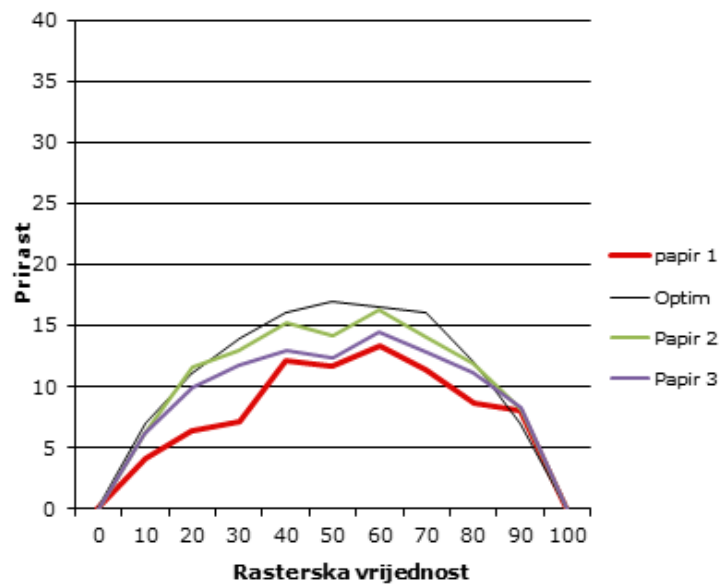
RTV	Izmjere na vrijedno st	Prirast	Optim
0	0	0	0
10	0,07	6,1	7
20	0,15	11,6	11
30	0,22	13,0	14
40	0,31	15,2	16
50	0,39	14,1	17
60	0,53	16,3	16,5
70	0,65	14,0	16
80	0,82	11,8	12
90	1,03	8,1	7
100	1,12	0,0	0

Tablica 8. Izračunate i izmjerene RTV vrijednosti za drugu tiskovnu podlogu

RTV	Izmjere na vrijedno st	Prirast	Optim
0	0	0	0
10	0,07	6,2	7
20	0,14	10,0	11
30	0,21	11,7	14
40	0,29	13,0	16
50	0,37	12,4	17
60	0,5	14,4	16,5
70	0,62	12,7	16
80	0,79	11,2	12
90	1,01	8,2	7
100	1,09	0,0	0

Tablica 9. Izračunate i izmjerene RTV vrijednosti za treću tiskovnu podlogu

U tablici 7 prikazane su izmjerene i izračunate vrijednosti za žutu boju na prvoj tiskovnoj podlozi, u tablici 8 za drugu tiskovnu podlogu te u tablici 9 za treću tiskovnu podlogu.



Slika 14. Grafički prikaz rezultata za žutu boju

Za žutu boju u grafu broj 3 uočavamo da je prirast rasterskog elementa za papir 2 relativno dobar u odnosu na optimalne vrijednosti. Ukupni prirast za prvu i treću tiskovnu podlogu je nizak.

Rezultati za crnu boju na sve tri vrste tiskovnih podloga

RTV	Izmjere na vrijedno	Prirast	Optim
0	0	0	0
10	0,09	9,4	7
20	0,18	15,1	11
30	0,26	16,7	14
40	0,39	21,4	16
50	0,56	25,1	17
60	0,71	23,4	16,5
70	0,9	20,6	16
80	1,27	18,0	12
90	1,35	9,0	7
100	1,46	0,0	0

Tablica 10. Izračunate i izmjerene RTV vrijednosti za prvu tiskovnu podlogu

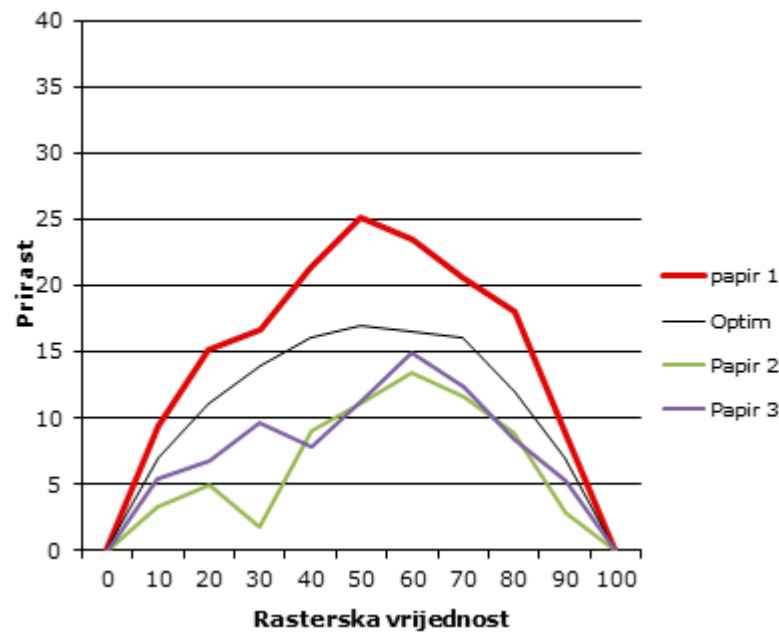
RTV	Izmjere na vrijedno st	Prirast	Optim
0	0	0	0
10	0,06	3,3	7
20	0,12	4,9	11
30	0,16	1,8	14
40	0,28	9,0	16
50	0,39	11,2	17
60	0,54	13,4	16,5
70	0,68	11,6	16
80	0,86	8,9	12
90	1	2,9	7
100	1,51	0,0	0

Tablica 11. Izračunate i izmjerene RTV vrijednosti za drugu tiskovnu podlogu

RTV	Izmjere na vrijedno st	Prirast	Optim
0	0	0	0
10	0,07	5,4	7
20	0,13	6,8	11
30	0,21	9,7	14
40	0,27	7,9	16
50	0,39	11,3	17
60	0,56	14,9	16,5
70	0,69	12,3	16
80	0,84	8,5	12
90	1,1	5,2	7
100	1,48	0,0	0

Tablica 12. Izračunate i izmjerene RTV vrijednosti za treću tiskovnu podlogu

U tablici 10 prikazani su izmjerene i izračunate vrijednosti za crnu boju na prvoj tiskovnoj podlozi, u tablici 11 za crnu boju na drugoj tiskovnoj podlozi i u tablici 12 za crnu boju na trećoj tiskovnoj podlozi.



Slika 15. Grafički prikaz rezultata za crnu boju

Na grafu broj 4 uočavamo da vrijednosti prirasta rasterskog elementa variraju. Na prvoj ispitivanoj podlozi prirast rasterskog elementa raste od polja 20 do polja 80. Za druga ispitivana uzorka ukupni prirast rasterskog elementa je prevelik.

## 5. ZAKLJUČCI

Zbog velike konkurencije na današnjem grafičkom tržištu sve je veća potražnja za kvalitetom otiska. Pod tim se podrazumjeva realna prezentacija otisnutih vizualnih informacija. Standardi moraju zadovoljiti kupca i njegove potrebe za što povoljnijom cijenom kvalitetnog proizvoda otisnutog u što kraćem vremenskom periodu. Za postavljanje tih standarda potrebno je zadovoljiti tehničke i tehnološke uvjete unutar proizvodnje.

Istraživanje je pokazalo da kod digitalne tehnike tiska Inkjet, neovisno o vrsti papira, vrijednosti gustoće obojenja ne zadovoljavaju optimalne vrijednosti. Drugim riječima, odstupanja su veća ili manja u odnosu na optimalne vrijednosti.

To znači da je prilikom obrade originala, na temelju poznatih podataka potrebno umjetno korigirati sliku, kako bi nakon otiska dobili reprodukciju što vjerodostojniju originalu.

Kod cijan boje prirast je prevelik na sve tri tiskovne podloge što bi značilo da bi se prilikom obrade dokumenta vrijednosti cijan boje morale spuštati kako bi se postigao što optimalniji rezultat.

Za magentu prirast rasterskog elementa na prvoj podlozi je vrlo blizu optimalnim vrijednostima, dok bi se vrijednosti magente za druge dvije podloge trebale spuštati prema optimalnim vrijednostima.

Kod žute boje na drugoj tiskovnoj podlozi rezultati su bili najbliže optimalnim vrijednostima, dok se kod prve i treće tiskovne podloge vrijednosti moraju povećavati.

Prirast rasterskog elementa za crnu boju na prvoj tiskovnoj podlozi je prevelik, što znači da bi se za tu podlogu vrijednosti crne boje morale spuštati. Za druge dvije podloge prirast je ispod razine optimalnih vrijednosti, što znači da bi se vrijednosti crne morale povećavati.

Prilikom takve umjetne obrade originala, prikaz na računalu možda neće biti obećavajuć, ali je bitno uzeti u obzir potrebnu finalnu kvalitetu proizvoda radi što boljeg poslovanja i zadovoljstva klijenta.

## 6. LITERATURA

[1]. Kipphan H., Handbook of Print Media, Springer, Berlin, 2001.

[2]. [https://bib.irb.hr/datoteka/430673.ink\\_jet\\_1.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/430673.ink_jet_1.pdf)

[3]. Thompson P., Printing materials: science and technology; Pira International, UK, 2004.

[4]. Zjakić I., Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2007.

[5]. [http://repro.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/8.%20i%209.%20Karakteristike%20visebojne%20reprodukcije.pdf](http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/8.%20i%209.%20Karakteristike%20visebojne%20reprodukcije.pdf)

[6]. Horvatić S., Grafika papiri i kartoni, Grafička škola u Zagrebu, Zagreb, 2009.

[7]. <http://www.xrite.com/spectroeye-spectrophotometer>