

Utjecaj količine nanesenog bojila na kvalitetu reprodukcije KM-1 Inkjet stroja

Sabol, Sven

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:216:078541>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-06**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

SVEN SABOL

UTJECAJ KOLIČINE NANESENOG
BOJILA NA KVALITETU
REPRODUKCIJE KM-1 INKJET
STROJA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2022.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

SVEN SABOL

**UTJECAJ KOLIČINE NANESENOG
BOJILA NA KVALITETU
REPRODUKCIJE KM-1 INKJET
STROJA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
Izv. prof. dr. sc. Igor Majnarić

Student:
Sven Sabol

Zagreb, 2022

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

ZAHVALA

SAŽETAK

Osim ofsetnih tiskarskih strojeva formata B2 na tržištu je moguće sve češće pronaći i potpuno nove visokoproduktivne inkjet digitalne strojeve istoga formata. Jedan od takvih je Inkjet tiskarski stroj AccurioJet KM-1 japanskog proizvođača Konica Minolta. Njegova je brzina ispisa CMYK otisaka 3000 str/h za jednostrani tisak i 1500 str/h za obostrani uz mogućnost ispisa rezolucije tiska i do 1200 dpi. Otiskivanje se izvodi sa CMYK tiskarskim bojama koje se suše UV zračenjem. Ovisno o tiskovnoj podlozi i željenoj kvaliteti otisaka Konica Minolta primjenjuje inkjet glave tipa KM1800iSHC koje mogu aplicirati različite veličine kapljice boje (6, 14 i 42 pl). Samim time po kvaliteti postoje i 3 načina rada (veliki nanos, srednji nanos i mali nanos boje).

U ovom radu ispitan je utjecaj količine nanosene inkjet boje na papirnu tiskovnu podlogu kao i krajnji rezultati višebojnih kolornih otisaka. Kao tiskovna podloga primjenjiv je uobičajen sjajno premazani papir za umjetnički tisak (170 g/m²) i specijalno konstruirana UV Inkjet sušeća boja (za KM-1 strojeve). Dobiveni otisci su kolorimetrijski izmjereni uređajem x-rite eXact Advance, koji su međusobno komparirani i s referentnim otiskom po Fogri 51 (ISO 14861:2015). Pri tom je mjeren Fogra Media Vedge v.3 klin. Uređajem za slikovnu analizu dodatno je uspoređena kvaliteta realizacije vertikalnih i horizontalnih linija kao i test ujednačenosti obojenja akromatskih tonova (ISO-TS 15311/2:2018). Konačne krivulje reprodukcije kao i grafikoni odstupanja ostvarenih otisaka prikazani su u Originu 8.5. Za vizualizaciju nastalih promjena uvjetovanih različitim količinama nanosene boje primjenila se slikovna analiza i digitalni mikroskop Dino Lite. Rezultati pokazuju da je najbolji izbor za otiskivanje CMY i spotnih boja RICH mod, tj. veliki nanos bojila dati će najbolju kvalitetu otiska (ostvarena razlika iznosi $\Delta E_{\text{SRED}} = 0.54$), dok će ostala dva načina otiskivanja biti poprilično podjednaka.

Ključne riječi: visokoproduktivni inkjet, nanos UV Inkjet bojila, kolorimetrija, kvaliteta linija

ABSTRACT

In addition to B2 format offset printing machines, it is increasingly possible to find brand new highly productive inkjet digital machines of the same format on the market. One of these is the AccurioJet KM-1 Inkjet printer from the Japanese manufacturer Konica Minolta. Its printing speed of CMYK prints is 3,000 pages per hour for one-sided printing and 1,500 pages per hour for double-sided printing, with the possibility of printing a print resolution of up to 1,200 dpi. Printing is done with CMYK printing inks that are dried by UV radiation. Depending on the printing substrate and the desired quality of prints, Konica Minolta uses inkjet heads of the KM1800iSHC type, which can apply different sizes of ink droplets (6, 14 and 42 pl). Therefore, in terms of quality, there are 3 modes of operation (large application, medium application and small application of paint).

In this thesis, the influence of the amount of applied inkjet ink on the paper printing base as well as the final results of multi-color color prints were examined. Usual glossy coated paper for art printing (170 g/m²) and specially designed UV Inkjet drying ink (for KM-1 machines) can be used as a printing substrate. The prints obtained were colorimetrically measured with the x-rite eXact Advance device, which were compared with each other and with the reference print according to Fogra 51 (ISO 14861:2015). In doing so, the Fogra Media Vedge v.3 wedge was measured. The image analysis device additionally compared the quality of the realization of vertical and horizontal lines, as well as the test of uniformity of coloring of achromatic tones (ISO-TS 15311/2:2018). The final reproduction curves as well as deviation charts of the realized prints are shown in Origin 8.5. Image analysis and a Dino Lite digital microscope were used to visualize the changes caused by different amounts of applied paint. The results show that the best choice for printing CMY and spot colors is the RICH mode, i.e. a large dye application will give the best print quality (the difference achieved is $\Delta E_{SRED} = 0.54$), while the other two printing modes will be quite equal.

Keywords: high-production inkjet, UV Inkjet consumption, colorimetry, line quality,

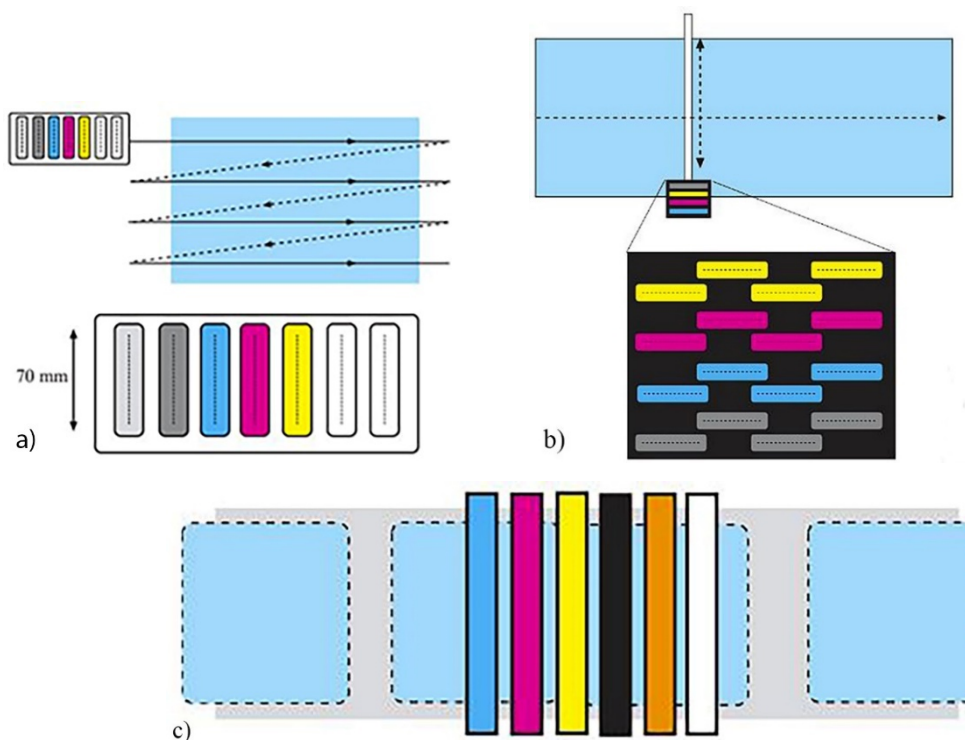
SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	5
2.1. UV-LED inkjet tehnika otiskivanja	5
2.2. AccurioJet KM-1.....	9
2.2.1. Transport papira kroz AccurioJet KM-1 tiskarski stroj.....	12
2.3. Tiskovna jedinica	19
2.3.1. Inkjet glava KM1800iSHC	19
2.3.2. UV Inkjet boje za stroj AccurioJet KM-1	21
2.3.3. Održavanje inkjet glava.....	23
2.4. Programsko sučelje za AccurioJet KM-1 (Raster Image Processor)	25
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	28
3.1 Opis eksperimenta.....	28
3.1.1. Ciljevi i hipoteze	30
3.2 Strojevi i mjerni uređaji	32
3.2.1 AccuroJet KM-1 UV Inkjet.....	32
3.2.2 x-rite eXact advanced.....	34
3.2.3 Dino lite mikroskop.....	36
3.2.4 Personal PIAS	37
4. REZULTATI I DISKUSIJA	38
4.1. Rezultati rastertonskih vrijednosti.....	39
4.2. Rezultati sivog balansa.....	58
4.3. Analiza reprodukcije linija.....	65
5. ZAKLJUČAK	70
6. LITERATURA I PRILOZI.....	72

1. UVOD

Inkjet tisak je vrsta tiskarskog procesa koji obrađuje digitalnu sliku izbacivanjem kapljica tekuće boje na papir i plastične podloge gdje površinska napetost tekućine prirodno prelazi u kapljice. Inkjet pisači formiraju kapljice u rasponu od 1 do 100 pikolitara, te je za ovakvo otiskivanje potrebno izrazito tekuće bojilo. Tekućine sa izraženom površinskom napetošću mogu biti na bazi vode, na bazi voska ili ulja, pa čak i od otopljenih metalnih legura. Pritom će veća ostvarena kapljica biti električno nabijena.

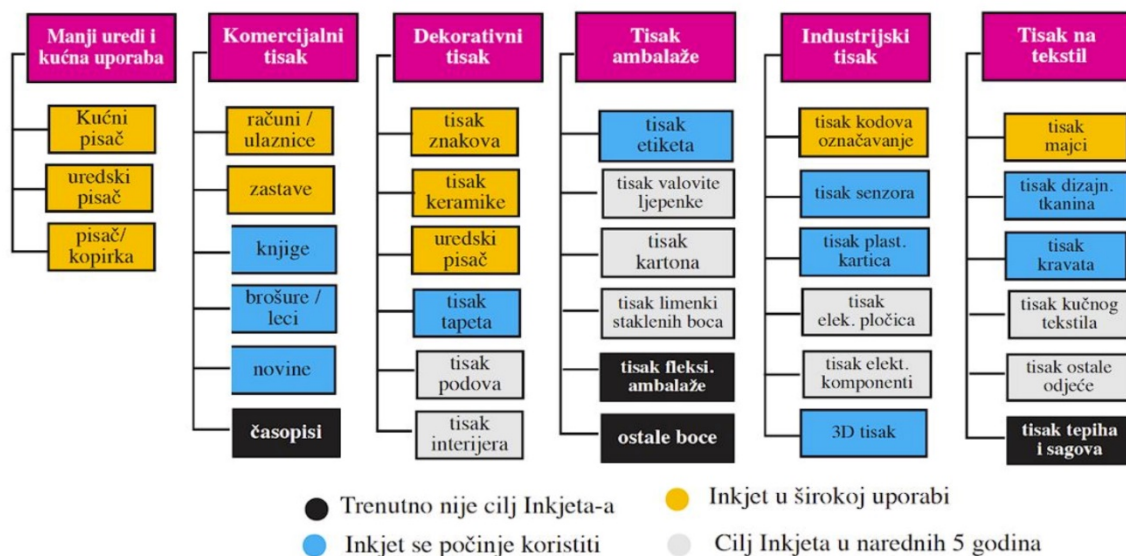
Trenutno postoje 3 osnovna principa rada inkjet strojeva: a) sistem gdje je tiskovna podloga fiksna, a inkjet ispisna glava se kreće po koordinatama x i y; b) sistem gdje je tiskovna podloga pomična dok se inkjet glava translacijski kreće u smjeru lijevo desno; c) sistem gdje se tiskovna podloga kreće dok je inkjet ispisna glava fiksna. Na slici 1. shematski su osnovni principi rada Inkjet strojeva.



Slika 1. Shematski prikazi rada inkjet strojeva: a) pomicanje ispisne glave u x i y smjer; b) pomicanje ispisne glave u jednom smjeru; c) bez kretanja inkjet ispisne glave.

Izvor: [Majnarić, I. (2015) Osnove digitalnog tiska. Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Inkjet princip otiskivanja možemo pronaći u svim vrstama tiska. Najčešću i najrapostranjeniju uporabu Inkjet-a nalazimo u uredskom poslovanju, te pri kućnoj uporabi gdje se otiskuju male naklade. Kontinuirani Inkjet najfleksibilnija je tehnika otiskivanja. Ovakav princip Inkjet otiskivanja široko je raspostranjen i kod komercijalnog odnosno dekorativnog tiska gdje se kao tiskovni proizvodi otiskuju računi, ulaznice, zastave, te tisak znakova i keramike. Osim navedenih tiskovnih podloga, Inkjet se počinje upotrebljavati za proizvodnju knjiga, brošura i novina, te tako širi svoju tržišnu uporabu. Vrijedi spomenuti kako se Inkjet koristi i kod industrijskog tiska gdje se otiskivanje izvodi kod tiska linijskih i bar kodova za označavanje, a sve više se upotrebljava i za tisak senzora, plastičnih kartica, te 3D tisak. Zadnji, ali ne manje važan tržišni segment je tisak na tekstil u kojem se Inkjet koristi za otiskivanje na majice. U narednih nekoliko godina očekuje se širenje i na kravate, te tisak dizajnerskih tkanina. Inkjet trenutno nećemo očekivati kod otiskivanja časopisa, fleksibilne ambalaže i tiska na tepihe i sagove, jer trenutno postoje bolje i isplativije tehnike tiska.

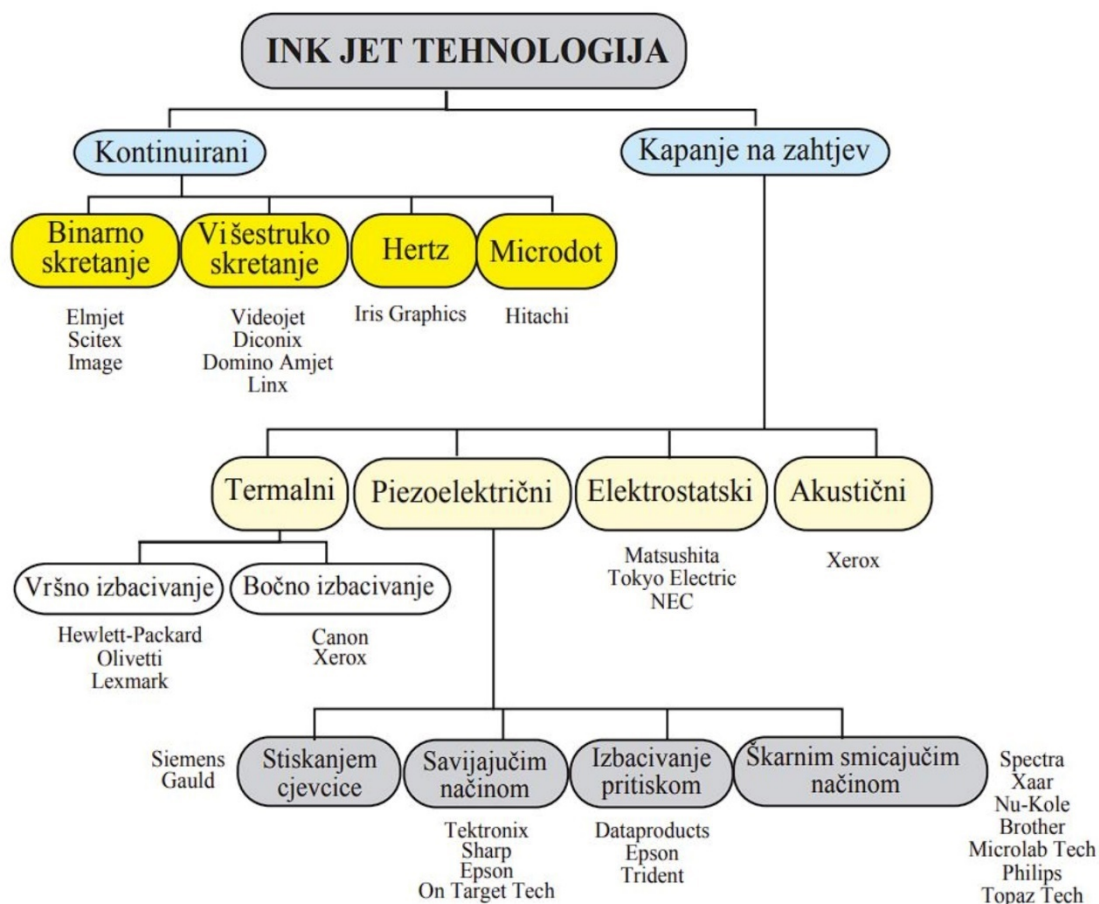


Slika 2. Shema primjene inkjet-a među tehnikama tiska

Izvor: [Predavanje 2, Tisak na drvo, Igor Majnarić]

AccurioJet KM-1 tiskarski stroj pojavljuje se na tržištu 2012. godine, i predstavljen je na sajmu grafičkih tehnologija (DRUPA) u Dusseldorfu. Napravljen je sa ciljem da objedini kvalitetu i fleksibilnost ofsetnog tiska sa prednostima kod varijabilnog otiska i potrebne pripreme koje pruža digitalni tisak, te se sukladno tome na tržištu najviše pronašao u komercijalnom tisku.

Ovisno o načinu generiranja kapljica, Inkjet se općenito dijeli u dvije osnovne skupine: kontinuirani Inkjet i inkjet s formiranjem kapljica na zahtjev. Kontinuirani Inkjet može raditi na četiri principa generiranja kapljastog medija: binarnim skretanjem kapljica boje, višestrukim skretanjem kapljica boje, Hertzovim principom i principom mikrodot. Češće korišteni Inkjet koji radi na principu kapanja na zahtjev. Zbog toga se može pronaći i u više varijanti. To su: termalni Inkjet, piezo Inkjet, elektrostatski Inkjet i akustični Inkjet. Svi sistemi za Inkjet uglavnom koriste tekuće boje. Međutim, piezo Inkjet i elektrostatski Inkjet mogu koristiti i gušće (taljive) boje što im omogućava sušenje skrućivanjem. [1] Shematski prikaz trenutno dostupnih načina formiranja kapljica (Inkjet tehnologije) prikazan je na slici 3.



Slika 3. Podjela inkjet tehnologije otiskivanja

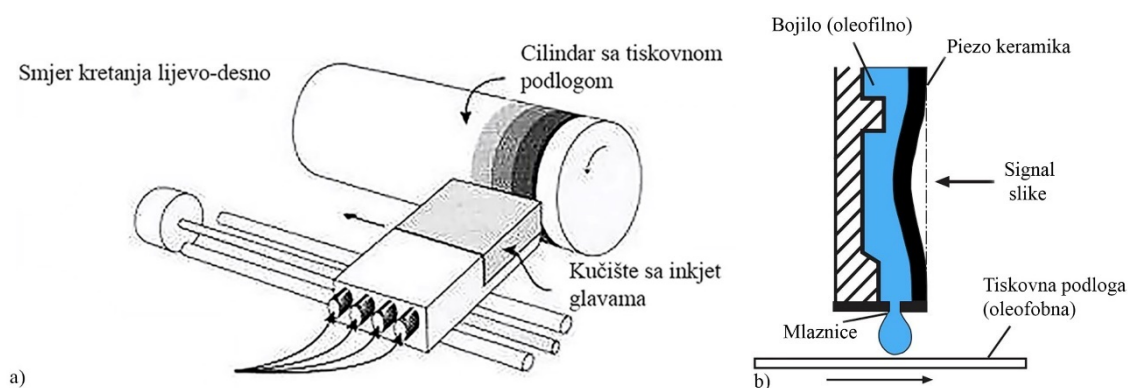
Izvor: [Majnarić, I. (2015) *Osnove digitalnog tiska*. Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.]

U ovom diplomskom radu definirana su dva osnovna cilja. Prvi je istražiti uspješnost realizacije otisaka otisnutih na visoko produktivnom Inkjet stroju KM-1 AccurioJet, te utvrditi odstupanja u odnosu na referencu (Fogra 51). Drugi cilj je detaljno analizirati mogućnost modifikacije Konica Minoltine Inkjet glave KM1800iSCH, te odrediti oscilacije u modu malog, visokog i standardnog nanosa boje. Pritom su definirane i dvije hipoteze. Prva je da će UV Inkjet otisak na standardnom gloss papiru dati zadovoljavajući otisak i ostvariti devijacije u skladu sa ugovorenim probnim otiskom. Druga hipoteza predviđa da će visoko kvalitetni mod jedini ostvariti otisak unutar PSD standarda (kategorija A), tj. da će ekonomičan mod dati lošiju realizaciju obojenja (kategorija B ili C).

2. TEORIJSKI DIO

2.1. UV-LED inkjet tehnika otiskivanja

Inkjet je tehnologija binarnog ispisa bez fizičkog dodira sa tiskovnom podlogom, gdje se bojilo putem mlaznica izbacuje u kapljičnom obliku na papir. Kapljice boje oslobađaju se iz mlaznica pisača izravno na definirano (adresirano) mjesto na tiskovnoj podlozi kako bi se rastriranjem stvorila slika. Većina Inkjet pisača radi na principu da ispiska glava otiskuje stranicu u vodoravnim linijama koristeći sklop motora za pomicanje s lijeva na desno i unatrag. Drugi sklop motora služi za transport papira koji u malim pomacima uvlači papir. Kako bi se ubrzao proces, ispiska glava se kreće ne samo u jednom smjeru već se koristi i povratni smjer. [2]



Slika 4. Princip rada inkjet pisača: a) sistem sa 4 ispisne glave (CMYK otisak); b) princip nastajanja kapljice u piezo inkjet-u

Izvor: [Yang, L. (2003.), *Ink-paper interaction. A study in Ink-jet color reproduction*, Department of Science and Technology Linkoping University, Norrkoping]

Većina proizvođača Inkjet strojeva najčešće primjenjuje piezo Inkjet glave koje sadrže mnoštvo sitnih piezo električnih kristala. Njihovim selektivnim izlaganjem električnom polju započeti će njihova promjena u strukturi, te će se ponašati kao dipol (molekule gdje su pozitivni naboji odvojeni od negativnih).

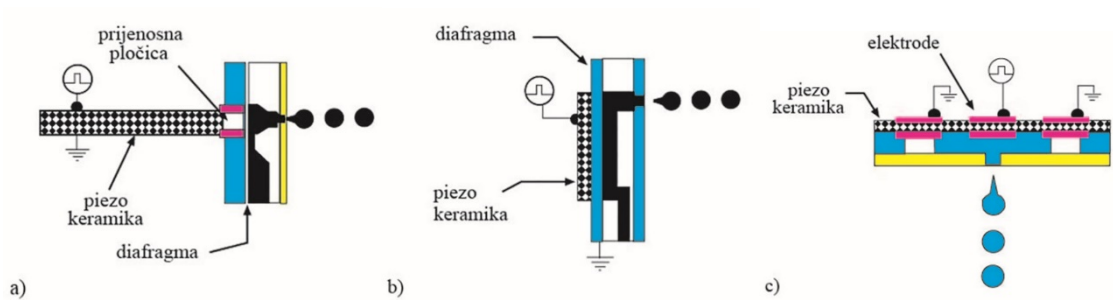
Takav piezo kristal sada doživljava mehanički stres koji se očituje u dimenzijonalnom pomaku iskorištenom za smanjenje volumena mlazne komore. Pritom će promjena naboja od 7 nC rezultirati s promjenom sile od 10 N.

U tom trenutku ostvaruje se promjena volumena u mlaznoj komori, te stvaranje pritiskog vala koji izbacuje fluid iz otvora mlaznice. Kao posljedica toga izbačena je samo jedna kapljica koja završava direktno na tiskovnoj podlozi. Ovisno o načinu deformacije piezoelektričnih pločica razlikujemo više konstrukcija ispisnih glava. Njihovi nazivi su nastali opisom kretanja piezoelektrične pločice, te trenutno razlikujemo 3 tipa piezo Inkjet glava: gurajući (push-mode), savijajući (bent-mode) i smicajući (shear-mode).

Kod gurajućeg načina otiskivanja piezzo element može biti u 3 stanja: a) mirovanje (naponi ne djeluju), b) gornja površina negativno nabijena, a donja površina pozitivno nabijena (stiskanje komore u maloj dodirnoj zoni) i c) gornja površina je pozitivno nabijena, dok je donja površina negativno nabijena (otpuštanje komore u maloj dodirnoj zoni). (Slika 5a)

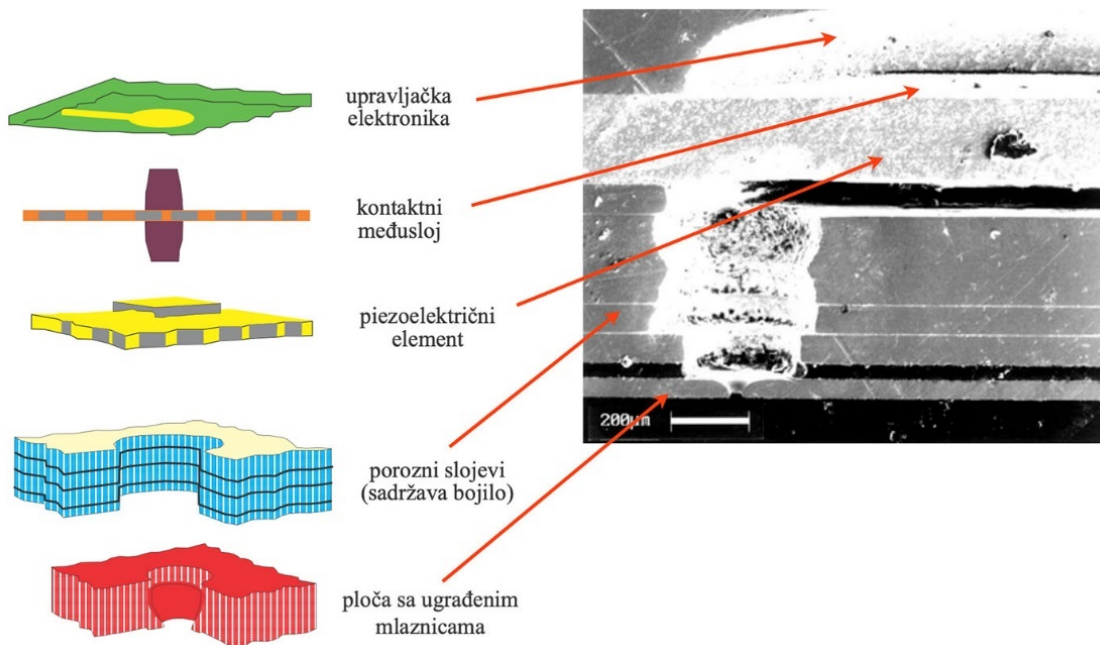
Savijajućim načinom otiskivanja ostvarene su veće dodirne zone sa mlaznom komorom. Tako će scenarij bez djelovanja napona rezultirati sa mirovanjem piezzo keramčnog elementa. Uključivanjem napona (gornja površina ne negativno nabijena, a donja pozitivno nabijena) ostvariti će otpuštanje piezzo kristala što osigurava punjenje mlazne komore. Promjenom polariteta (gornja površina je pozitivna, a donja negativna) dovesti će do stiskanja komore i izbacivanje kapljice. (Slika 5b)

Kod smicajućeg načina otiskivanja piezzo keramika može biti u 3 stanja: a) mirovanje (naponi ne djeluju), b) gornja površina negativno nabijena, a donja površina pozitivno nabijena (stiskanje komore) i c) gornja površina je pozitivno nabijena, dok je donja površina negativno nabijena (otpuštanje komore). Tako će promjenom električnog polja rezultirati deformacijom oblika piezoelektričnog materijala uz ostvarivanje promjene volumena mlazne komore. (slika 5c)



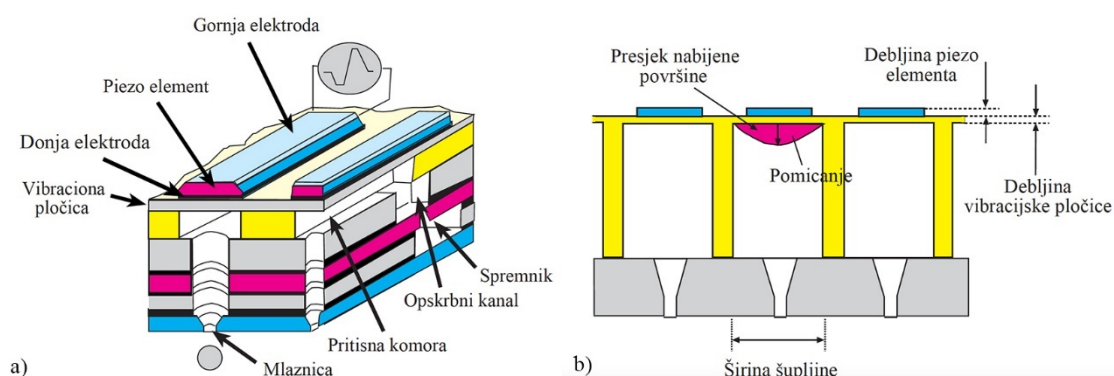
Slika 5. Načini kretanja piezoeletričnog inkjet-a: a) gurajući, b) savijajući i c) smicajući Izvor: [Majnarić, I. (2015) Osnove digitalnog tiska. Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu]

U grafičkoj industriji smicajući piezoelektrični inkjet je najzastupljeniji. Razlog tome je jednostavniji i lakši princip nastajanja kapljica bez većih deformacija unutar mlazne komore. Međutim, potrebna je specijalno konstruirana inkjet glava (mlazna komora). Ona je slojevite građe i sadrži veći broj naparenih slojeva. Po funkciji razlikujemo vršnu ploču sa izbušenim mlaznicama, porozni slojevi koji tvore komore ispunjene sa bojom, centralni piezoelektrični element, kontaktni međusloj povezan sa električnim vodovima (konekcija sa računalom). Na slici 6 prikazana je uvećana fotografija s presjekom standardne piezoelektrične inkjet glave.



Slika 6. Sastav i struktura jedne standardne piezo inkjet glave Izvor: [Majnarić, I. (2015) Osnove digitalnog tiska. Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.]

Shematski pojednostavljeni prikaz piezo Inkjet ispisne glave dan je na slici 7. Formiranje jedne kapljice, započeti će djelovanjem izmjeničnog napona gornje elektrode koja je u kontaktu sa piezo elementom debljine $20\ \mu\text{m}$. Pomak piezo elementa prenosi se preko fleksibilne vibracijske pločice debljine $3\ \mu\text{m}$ ostvarujući pritisak na mlaznu komoru što u konačnici ostvaruje slobodnu kap (bojilo prolazi kroz usku mlaznicu i kreće u smjeru tiskarske podloge). Da bi se ostvario kontinuirani dotok Inkjet bojila glava je opskrbnim kanalom povezana sa spremnikom boje. Tako će se izbjeći stvaranje zraka u mlaznoj komori i konstantno formiranje kapljica. Za precizno usmjeravanje kapljica vršna ploča sa mlaznicama ima specifičan oblik. On će unutar komore imati veći promjer dok će na izlaznom djelu imati manji promjer (mlaznice su konusno oblikovane). On se obavezno nalazi u sklopu pritiska komore (nasuprot piezo kristalu).



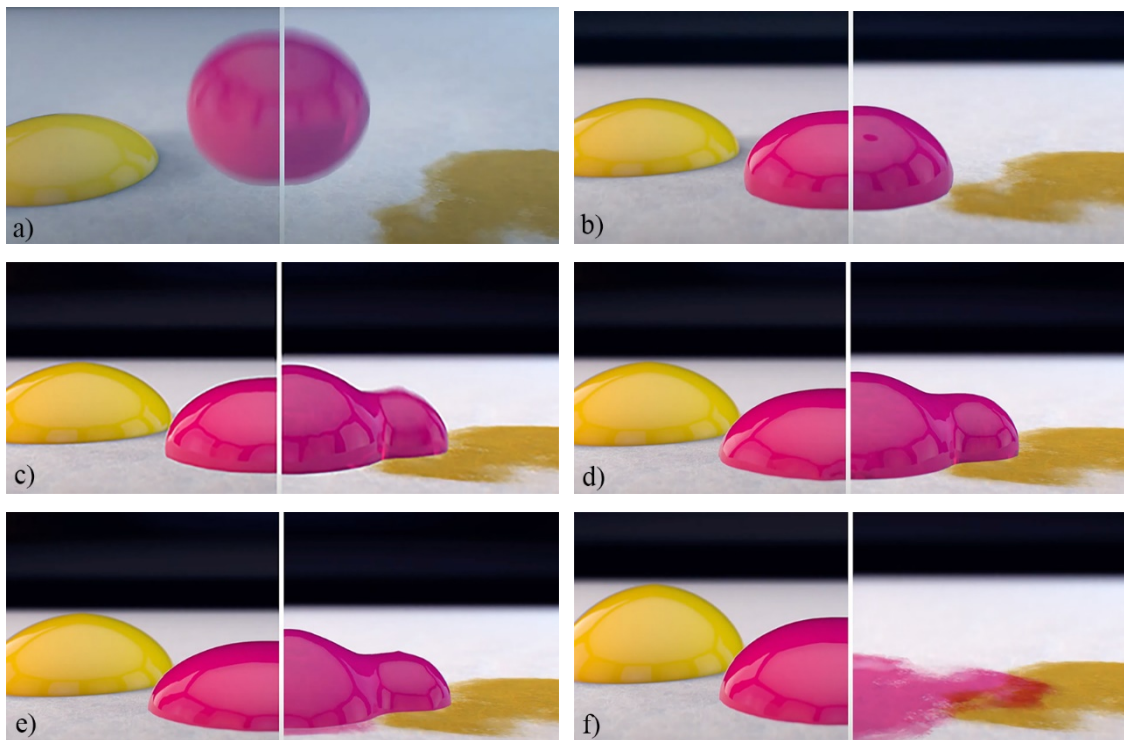
Slika 7. Shematski prikaz cjelovite mlaznice: a) presjek piezo inkjet glava; b) unutrašnjost mlazne komore

Izvor: [Majnarić, I. (2015) Osnove digitalnog tiska. Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.]

U visoko produktivnim sustavima položaj osnovnih komponenti u ispisnim glavama može se modificirati. Takve modularne piezoelektrične glave obično se sastoje od upravljačkog sklopa, kontaktnog međusloja, poroznog sloja i piezoelektričnog elementa i pločice s mlaznicama na vrhu ispisne glave. Smanjenjem volumena u komori, povećava se pritisak koji rezultira izbacivanjem bojila kroz mlaznicu. Dobivena kapljica proporcionalna je deformiranom volumenu, odnosno komornom tlaku. [3]

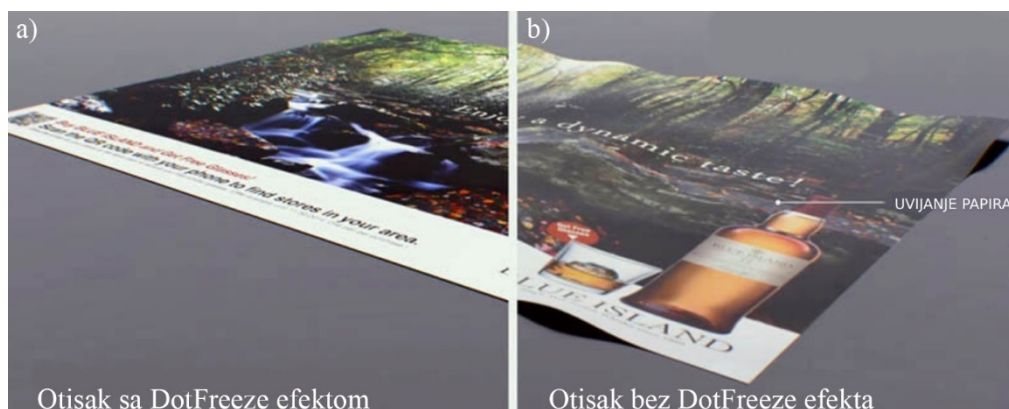
2.2. AccurioJet KM-1

AccurioJet KM-1 je modularni visokoproduktivni Inkjet tiskarski stroj kojem su ključne značajke izvrsna kvaliteta. Otisci su visoke rezolucije koji se mogu uspoređivati i s kvalitetom ofsetnog tiska. Dosljedan je u kvaliteti kolorne reprodukcije, gdje su kapljice kontrolirane i upravljane „DotFreeze“ tehnologijom sušenja. Dot Freeze tehnologija je patent Konica Minolte koja primjenjuje UV-LED princip sušenja Inkjet bojila. Tako je ovom tehnologijom tijekom procesa tiska ostvariti dvije promjene u viskoznosti. Prva je originalna niska viskoznost UV Inkjet boje (oslobođena iz mlazne komore), dok je druga veća viskoznost rezultirana djelovanjem UV LED svjetlosnog izvora (tijekom putanje kapljice prema tiskovnoj podlozi). Pritom će se vrlo likvidno (manje viskoznosti) oslobađati iz ispisne glave, nakon čega će djelovanjem UV svjetla doći do njenog zgrušavanja (bojilo je veće viskoznosti). To će rezultirati s niskom penetracijom kapljica boje u papirni premaz, te ostvarivanje izraženijih tonskih vrijednosti i točnog obojenja. Svaka otisnuta rasterska točkica ostaje na materijalu pravilna, te ne dolazi do međusobnog povezivanja i povećanja rastertonske vrijednosti. Krajnji rezultat je veća postojanost inkjet boje na premazanim i nepremazanim tiskarskim podlogama. Ostvarene razlike u odnosu na standardni inkjet prikazane su na slici 8 i 9. [4]



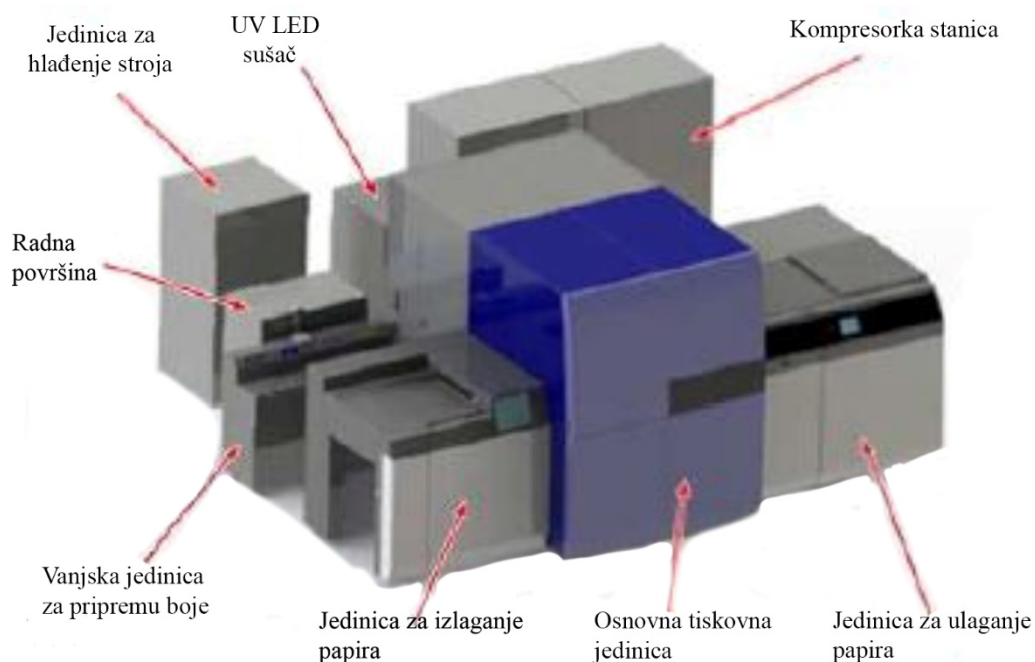
Slika 8. Faze generiranja otiska s UV Inkjet bojom DotFreeze tehnologija (slika desno) i standardnim Inkjet otiskom na bazi vode (slika lijevo): a) kapljice u letu; b) udar kapljica u papir; c) kapljice nakon 10 ns; d) kapljice nakon 20 ns; e) kapljice nakon 30 ns; f) kapljice nakon 40 ns

Izvor: [<https://www.youtube.com/watch?v=V53tmWrmDUc>]



*Slika 9. Rezultati usporedbe DotFreeze inkjet tehnologije i inkjet-a na bazi vode: a) Otisak s DotFreeze efektom; b) Otisak bez DotFreeze efekta
Izvor: [https://press.spb.ru/zamorozhennaya-kaplya-km-1/]*

KM-1 tiskarski stroj omogućuje ispis samo jednog formata papira koji se definira kupnjom stroja. Maksimalna konfiguracija omogućava ulaganje papira dimenzija 585 x 750 mm (kratki tok) i gramature od 50 do 400 g/m² (380 g/m² je maksimum za obostrano otiskivanje), odnosno različite tiskarske podloge (papir, karton, ljepenka, polimerni materijali, folije) debljine od 0,06 do 0,6 mm (obostrani tisak od 0,06 do 0,45 mm). Produktivnost KM 1 tiskarskog stroja je 3000 jednostrano otisnutih otisaka, odnosno 1500 otisnutih otisaka na sat. Osnovnu tiskovnu jedinicu čini KM1800iS inkjet ispisne glave visoke rezolucije od 1200x1200 dpi-a koja formira varijabilne kapljice od 3,5 do 7 pL uz frekvenciju kapanja od 96 kHz. Zbog mogućnosti primjene velikog broja papirnih i sintetičkih materijala, pogodan je za široki raspon kolorno otisnutih grafičkih proizvoda i ambalaže. Ugradnjom računala visokih performansi i programa za vođenje proizvodnje omogućena je brza izmjena poslova bez korištenja tiskovnih formi i kolornih korekcija. AccurioJet KM-1 tiskarski stroj kompleksne je konstrukcije koju čine 8 glavnih jedinica. To su: jedinica za ulaganje papira, osnovna tiskovna jedinica, jedinica za izlaganja papira, vanjska jedinica za pripremu boje, jedinica za hlađenje stroja, UV LED sušač, kompresorska stanica, radna površina.[5]

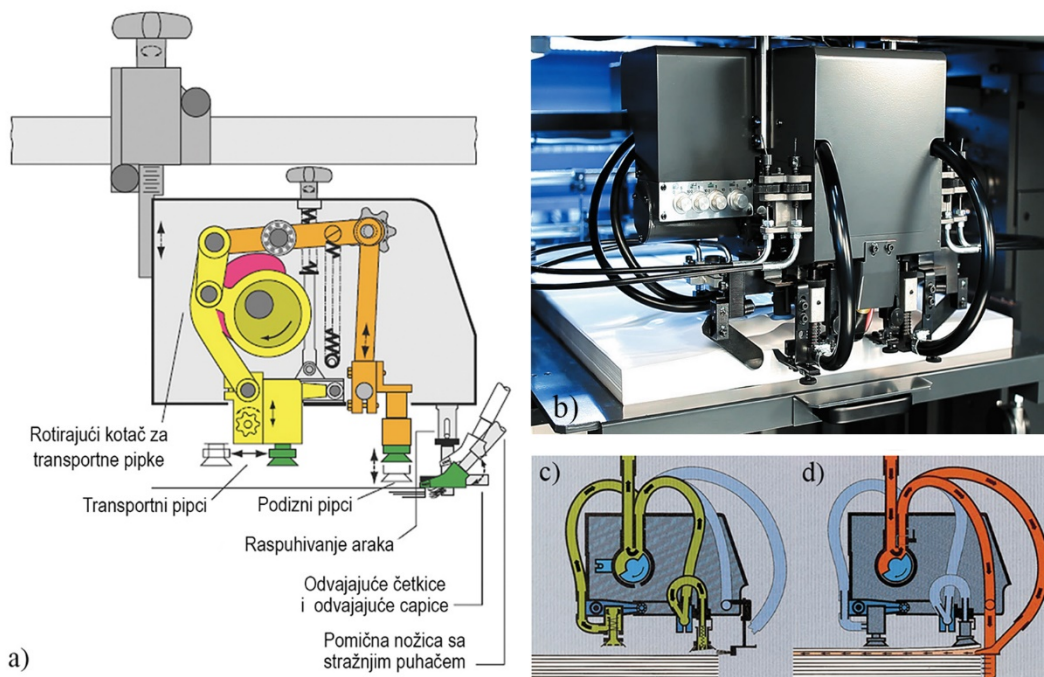


Slika 10. Dijelovi stroja AccurioJet KM-1

Izvor: [AccurioJet KM-1, Basic operations-en, Manual]

2.2.1. Transport papira kroz AccurioJet KM-1 tiskarski stroj

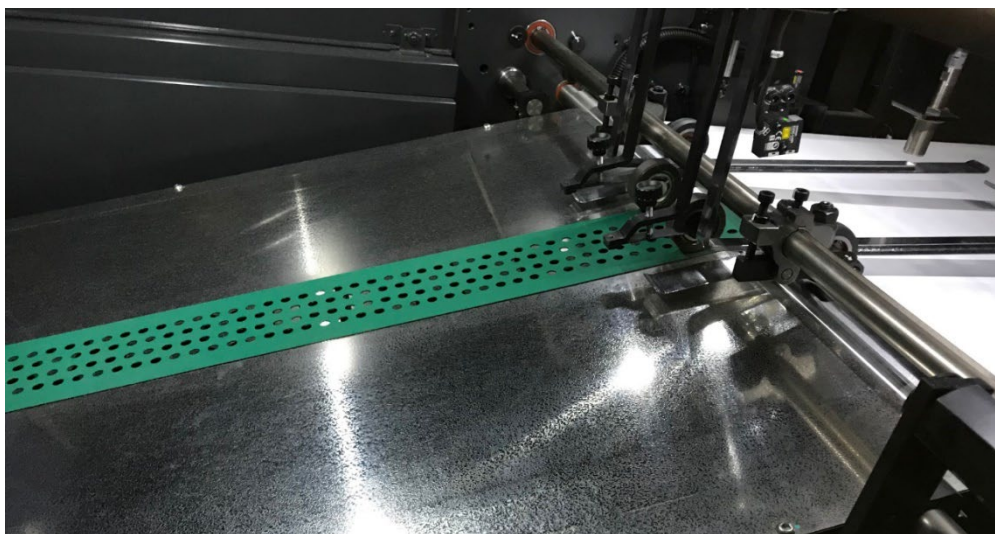
Osnovna uloga ulagaće jedinice je kontinuirano i precizno ulaganje tiskovne podloge, tj. papira u tiskovnu jedinicu gdje se odvija proces otiskivanja. Kako bi se ovaj proces korektno napravio, potreban je ulagači stol na kojemu se nalazi paleta papira maksimalne visine od 900 mm. Vršni papiri se konstantno podižu sa Špis aparatom (koji usisnim pipcima podiže stražnju stranu arka i gura ga na kosi transportni most). Da bi se to uspješno provelo bočni i čeon raspuhači upuhuju komprimirani zrak (slika 11). Pritom se odvajaju samo nekoliko vršnih araka.



Slika 11. Špis ulagača glava za ulaganje papira na tiskarskom stroju AccurioJet KM-1:
 a) osnovne komponente; b) izgled i pozicija na inkjet tiskarskom stroju; c) proces podizanja papira; d) proces raspuhivanja papira

Izvor: [Majnarić, I. (2015) Osnove digitalnog tiska. Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu]

Nakon toga papir nastavlja kretanje po kosom transportnom mostu. Da bi se taj proces nesmetano odvio arak je čitavo vrijeme vođen sa centralnim transportnim remenom uz pomoć komprimiranog zraka. Čitavo vrijeme senzor za praćenje dvostrukog ulaganja mjeri debljinu uložene tiskarske podloge (slika 12).



Slika 12. Ulagači stol i centralne usisne trake

Izvor:[Autor fotografije: Igor Majnarić]

Prije ulaska papira u tiskarsku jedinicu uloženi arak papira je potrebno poravnati. Prije bočnog poravnavanja arak papira se zaustavlja na čeonim markama kako bi jedna bočna marka izvršila poravnavanje na točno definiranoj poziciji. Pritom će se arak ubrzati na brzinu rotacije tiskovnog cilindra, koja se odabire od strane operatera. Nakon toga slijedi predulaganje čistog papira koje se izvodi pomoću predulagaćeg cilindra (slika 14a). Pritom se koristi Komori tehnologija „claw grip“ koja svojim pandastim hvatom čvrsto drži tiskarsku podlogu.

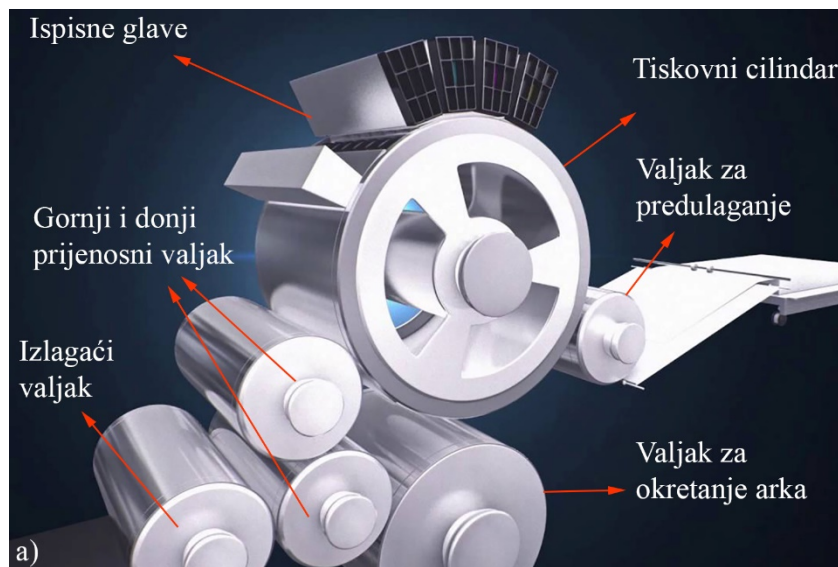
Tiskovni cilindar tiskarskog stroja AccurioJet KM-1 je površinom najveća komponenta koja je volumenom tri puta veća od prijenosnih valjaka i valjka za predulaganje, te je njegova funkcija dovesti arak papira dovesti u kontakt sa inkjet glavama. Tako će svojim opsegom od 2,1 metra i 3 hvataljke tiskovnog cilindra istodobno vršiti proces tiska na 3 arka.

Uz svaki set hvataljki tiskovnog cilindra pridodan je sistem za distribuciju komprimiranog zraka koji ima funkciju priljublivanja tiskovne podloge uz cilindar. Pritom je kompresor za distribuciju vakuuma smješten u unutrašnjosti šupljeg tiskovnog cilindra. Zbog toga je radna površina šupljikava i sadrži mnoštvo usisnih rupica.

Tako veliki radijus je potreban kako bi se osiguralo otiskivanje tiskovnih podloga gramature od 400 g/m^2 (nema velikih deformacija kartona i plastičnih folija). U prednjem dijelu tiskovnog cilindra nalaze se tri fiksna senzora koji prate kretanje papira (tajming dolaska papira na tiskovni cilindar). U slučaju aktivacije senzora (kosi ulazak papira) stroj automatski zaustavlja ulaganje papira, prekida dotok boje i sredstva za vlaženje, isključuje kompresor i stroj ulazi u stanje praznog hoda (slika 13b). Osim senzora za praćenje ulaska tiskovne podloge iznad tiskovnog cilindra smješten je senzor za praćenje kvalitete otiska slikovnom analizom. Ukoliko su na otisku detektirani nedostaci u obliku bijelih pruga (začepljenje mlaznice) sistem će aktivirati opciju korekcije koja će začepljenu mlaznicu nadomjestiti (susjedna mlaznica će ju zamijeniti).

Po završetku otiskivanja konačni otisak se predaje izlagačkoj jedinici. Nju čine četiri cilindra od kojih su 3 istog promjera (gornji prijenosni valjak, donji prijenosni valjak, izlagači valjak) dok je valjak za okretanje tiskovne podloge dvostrukog promjera. Ako se otiskuje u jednostranom tisku tada se papir transferira putanjom gornji prijenosni valjak, donji prijenosni valjak i izlagači valjak. Međutim, ako se vrši obostrani tisak araka se sa donjeg prijenosnog valjka transferira na valjak za okretanje (okretanje arak na preokret) nakon čega se u povratnom toku vraća nazad na donji prijenosni valjak i nastavlja putanju na posljednji izlagači valjak (slika 13a).

Da bi se otisnuti arak izložio na transportni stol papire je potrebno predati izlagačem transportnom remenu. Put kojim arci prolaze je kratak, te potpuno suhi arci paralelno izlaze i slažu se na izlagači kup. Pritom se vrši bočno poravnavanje koje se izvodi djelovanjem dva bočna pomična bočna ravnala i jednim stražnjim (slika 13c). Maksimalna visina izlaganja pritom iznosi 680 mm.

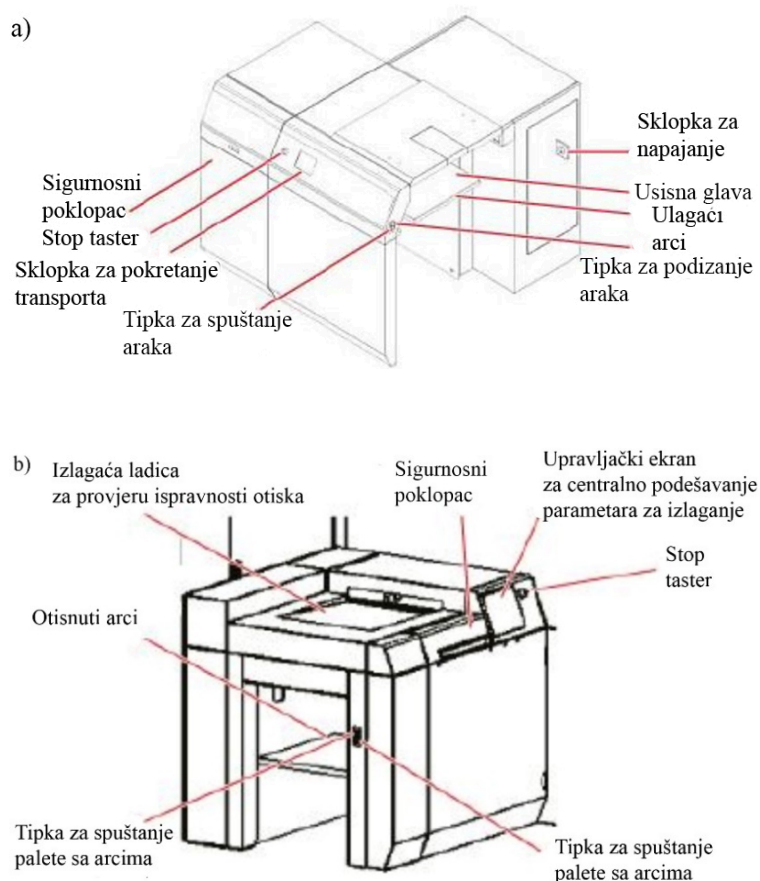


Slika 13. Transporta papira kroz stroj AccurioJet KM-1: a) putanja od predulaganja do izlaganja; b) centralni tiskovni cilindar; c) izlagači stol

Izvori: [<https://www.youtube.com/watch?v=DE3IIryBO0c>]; [Autor fotografija: Igor Majnarić]

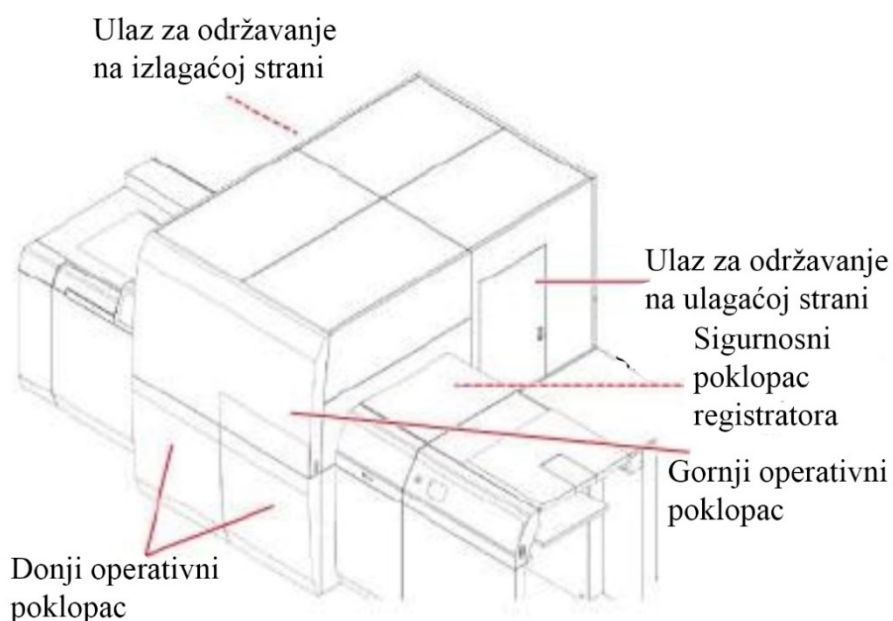
Da bi operater mogao upravljati procesom ulaganja i izlaganja tiskarski stroj je opremljen sa nizom sklopki za upravljanje. Tako će ulagači aparat sadržavati: sklopka za napajanje, stop taster (tipka), tipka za spuštavanje palete sa arcima papira, tipka za podizanje palete sa arcima papira, usisne glave, sklopka za pokretanje transporta (slika 14a).

Na sličan način koncipirano je upravljanje izlagačem jedinicom. Od upravljačkih jedinica na izlaganju postoje: stop taster (tipka), tipka za spuštavanje palete sa arcima, tipka za podizanje araka papira, upravljački ekran za centralno podešavanje parametara za izlaganje. Na izlagačem dijelu osim glavnog izlaganja (palete visine 680 mm) postoji i izlagača ladica za provjeru ispravnosti otiska. Tako će se tijekom tiska naklade povremeno arci izbacivati na ladicu za probne uzorke (slika 14b).



Slika 14. Shematski prikaz pozicija upravljanja transportom papira tiskarskog stroja AccurioJet KM-1: a) ulagača jedinica; b) izlagača jedinica Izvor: [AccurioJet KM-1, Basic operations-en, Manual]

Da bi se osigurala zaštita radnika i operatera, stroj pri radu je obložen sa zaštitnim poklopcima i vratima. Time su osigurani točni klimatski uvjeti koji su preduvjet kvalitetnom tisku. Otvaranjem bilo kojih vrata i poklopaca tiskarski stroj se zaustavlja i prestaje sa radom. Stroj AccurioJet KM-1 tako sadrži 6 glavnih sigurnosnih ulaza od kojih su 2 na prednjoj strani (donja krilna vrata, gornja operativna vrata), 2 na bočnoj strani (vrata na stražnjoj strani, vrata na prednjoj strani) i ulazni poklopac iznad jedinice za ulaganje (slika 16).



Slika 15. Pristupne pozicije za operatere koji izvode održavanje stroja AccurioJet KM-1

Izvor: [AccurioJet KM-1, Basic operations-en, Manual]

2.3. Tiskovna jedinica

2.3.1. Inkjet glava KM1800iSHC

Da bi se ostvarilo kolorno otiskivanje tiskarski stroj AccurioJet KM-1 primjenjuje vlastite ispisne glave tipa KM1800iSHC, koja je namijenjena za UV sušee boje, solventne boje i vodene boje. Ovaj tip glave radi na principu piezo inkjet-a i sljedećih je dimenzija: visina 106,82 mm, širina 19,8 mm, dužina 137,4 mm. Masom je lagana i iznosi svega 205 g. Duljina ispisa iznosi 75,14 mm i ostvarena je ugradnjom 1776 mlaznica poredanih u 6 redova (konfiguracija 296 x 6 mm mlaznica s razmakom od 4,75 mm) čime je ostvarena nativna rezolucija od 600 dpi (6 x 100 redova). Pri generiranju kapljica ove glava koristi frekvenciju od 80 kHz što u konačnici ostvaruje brzinu kapanja od 6m/s i kapljice veličine 3,5 pL. Za pokretanje piezoelektričnog kristala primjenjuje se napon od 18 V uz toleranciju plus minus. Razmaci između redova su fiksni i iznose 42,3 μm. kvaliteta otiskivanja je velika i iznosi 8 nivoa sive po dužini ispisa 75,14 mm.

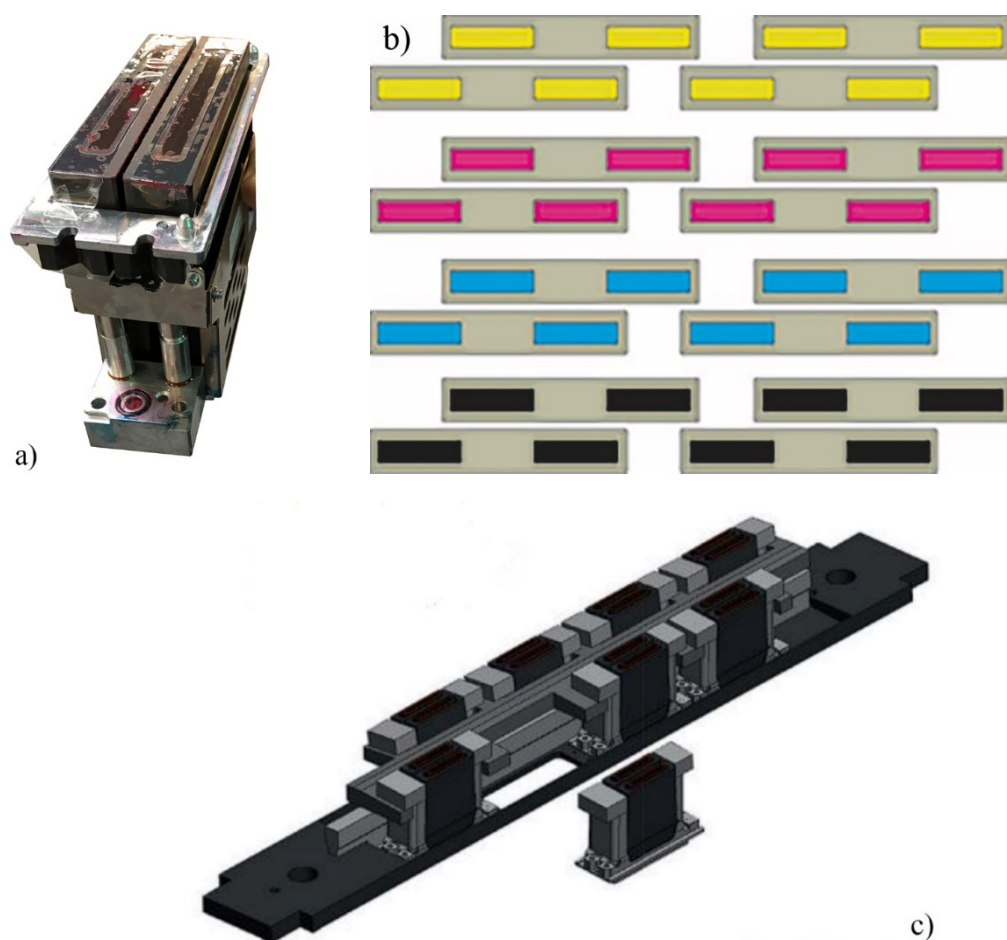


*Slika 16. KM1800iSHC ispisna glava
Izvor: [Documentation-AccurioJet-KM-1e-EN.pdf]*

Da bi se ostvarila visoka produktivnost i duljina ispisa od 585 mm Konica Minolta ispisne glave KM1800iSHC potrebno je multiplicirati.

Pritom se u osnovnom modulu nalaze uparene dvije glave (slika 17a). čija se nativna rezolucija multiplicira i iznosi 1200 x 1200 dpi. Tako svaki ispisni modul odgovara širini ispisa 75,5 mm dužini ipisa 137,4 mm.

Da bi se otisnuo format B2 uloženi po kratkoj strani modularna glava sadržati će ukupno 4 modula tj. 16 ispisnih glava po jednoj boji tj. Za CMYK kolorni otisak korisit se 16 modula odnosno 64 ispisne glave. U konačnici tijekom tiska zona otiskivanja ukupno iznosi 54,8 x 30,2 cm. Što odgovara površini koju čine 56,832 mlaznice. Raspored boja koji ostvaruje najbolji rezultat definiran je redoslijedom žuta, magenta, cijan i crna. Slika 17b i 17c prikazuje distribuciju inkjet glava u tiskarskom stroju AccurioJet KM-1.

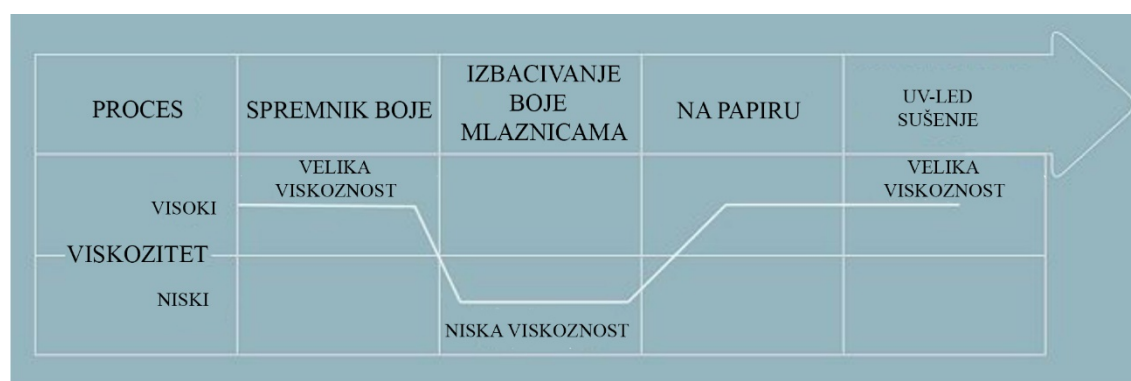


Slika 17. Distribucija ispisnih glava KM1800iSHC unutar tiskarskog stroja AccurioJet KM-1: a) osnovni modul sa 2 glave; b) distribucija modula po otisnutoj površini; c) shematski prikaz modula unutar jedne linije ispisa
Izvori: [Autor fotografije: Igor Majnarić]; [Autor slike: Sven Sabol]; [Documentation-AccurioJet-KM-1e-EN.pdf]

Glave rade na povišenoj temperaturi tijekom mlaza, kako bi se smanjila viskoznost tinte u fazi mlaza, a to osigurava značajnu prednost kvalitete slike prema dizajnu. Učinak je zamrzavanje kapi u letu prije nego udare u papir ili podlogu površine, kontrolirajući neželjene učinke širenja točkica i efekte spajanja. [6]

2.3.2. UV Inkjet boje za stroj AccurioJet KM-1

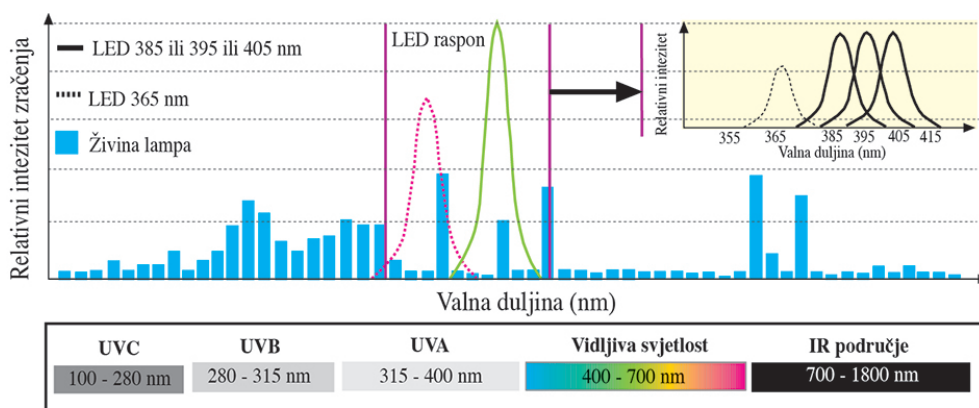
AccurioJet KM-1 stroj koristi isključivo UV LED sušecu boju specijalno namijenjenu za KM-1 verzije strojeva. Sastav boje zaštićen je patentom, te je poznato da su one označene šiframa „HS101C“, „HS101M“, „HS101Y“ i „HS101K“, pri čemu oznake na kraju šifre predstavljaju primijenjene pigmente (cijan, magenta, žuta, crna). Ovakav tip UV Inkjet boje radi na principu sol-gel što znači da na visokim temperaturama boja poprima nisku viskoznost (od 3 do 20 mPa x s) da bi se hlađenjem na temperaturu 25 °C viskoznost se rapidno povećala (1000 mPa x s). To znači da Inkjet boja sa viskoznošću od 200 mPa x s mijenja agregatno stanje i postaje sol-gel. Takvo agregatno stanje bojila sprječava spajanje kapi te daje visoku kvalitetu reprodukcije, te ostvaruje mogućnost tiskanja na neravnim površinama uz realizaciju visokog sjaja. Da bi se moglo otiskivati na različite tiskarske podloge inkjet glava može mijenjati frekvenciju kapanja i veličinu kapljica što u konačnici rezultira sa otiscima visoke kolorne zasićenosti koje slične otiscima standardnog ofseta.



Slika 18. Promjene viskoznosti UV LED inkjet boje HS101C, HS101K, HS101Y, HS101M

Izvor: [AccurioJet-KM-1-e, Brošura]

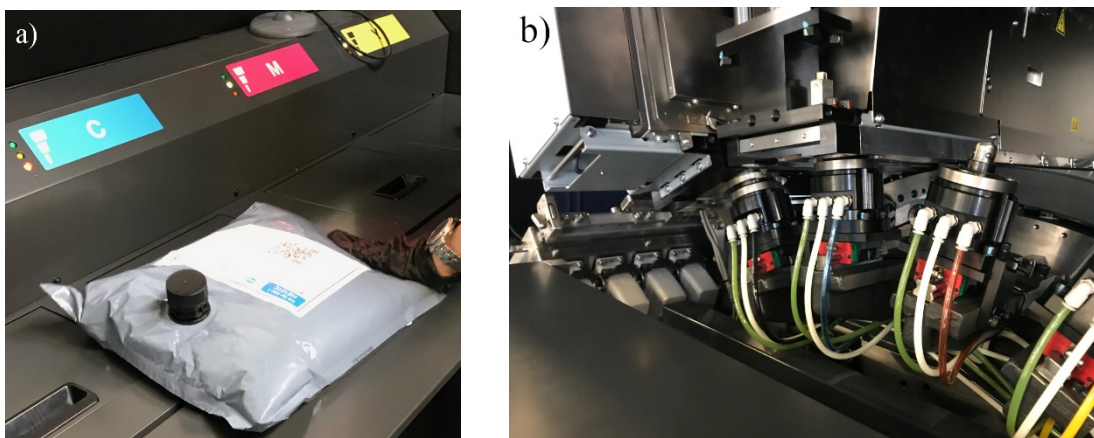
Sušenje takve boje izvodi se sa specijalno konstruiranim svjetosnim izvorom koji je odmaknut nekoliko milimetara od otisnute tiskarske podloge (slika 19a). Tako će djelovanjem UV spektra doći do potpunog sušenja otiska. LED svjetlosni izvor koji se koristi kod ove tehnologije sušenja primjenjuje UVA područje koji je definirano u valnim duljinama od 315 do 400 nm. Ovisno o primijenjenom fotoinicijatoru aktivacijske svjetlosne valne duljine odgovaraju dvijema valnim duljinama (350 nm i 385 nm). Tijekom djelovanja UV LED sušača oslobađa se i toplinska energija. Da ona ne bi negativno utjecala na proces otiskivanja svjetlosni izvor je hlađen, tj. uz izvor je spojeno vodeno hlađenje. Na slici 19b prikazan je spektar najčešćih svjetlosnih izvora za sušenja UV i UV LED boja.



b) VALNE DULJINE PRIMJENJENE UV LED TEHNOLOGIJE

Slika 19. Sušenje primijenjeno kod tiskarskog stroja AccurioJet KM-1; a) UV LED modul za sušenje; b) spektralne karakteristike svjetlosnog izvora
 Izvori: [Autor fotografije: Igor Majnarić]; [Majnarić, I. (2015) Osnove digitalnog tiska. Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu]

Za distribuciju UV LED inkjet boje do inkjet glava zadužena je jedinica za regulaciju protoka. Ona se sastoji od centralnog spremnika u kojem se nalazi 5 L hermetički zatvorene inkjet boje (slika 20a). Da bi boja stigla do tiskovne podloge ona se pumpama i cijevčicama distribuira do modula sa ispisnim glavama prolazeći pritom kroz filtere koji sprječavaju grudanje. Pritom pomažu i ugrađeni grijači koji će zagrijavanjem povećati viskozitet. Da tokom otiskivanja u boji ne bi bilo zraka sustav je hermetički zatvoren (slika 20b).



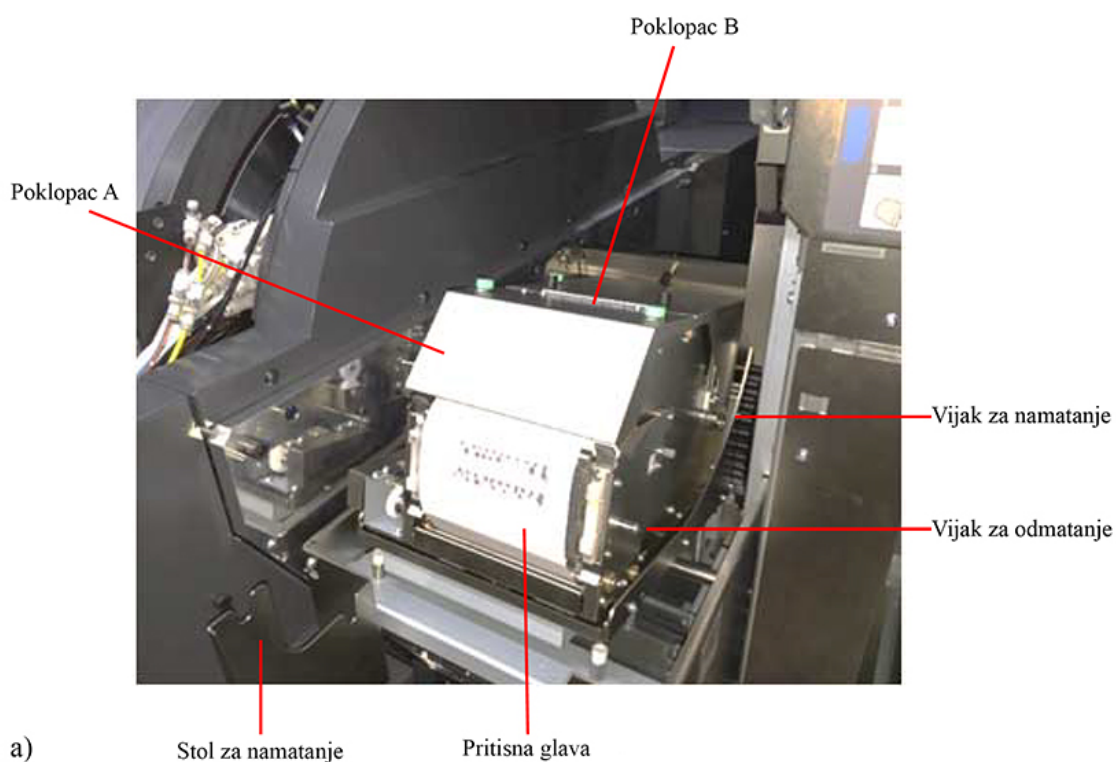
Slika 20. Priprema UV LED inkjet boje za otiskivanje; a) originalno pakovanje cijan UV LED boje HI101C; b) dotok boje u 4 modula inkjet glave

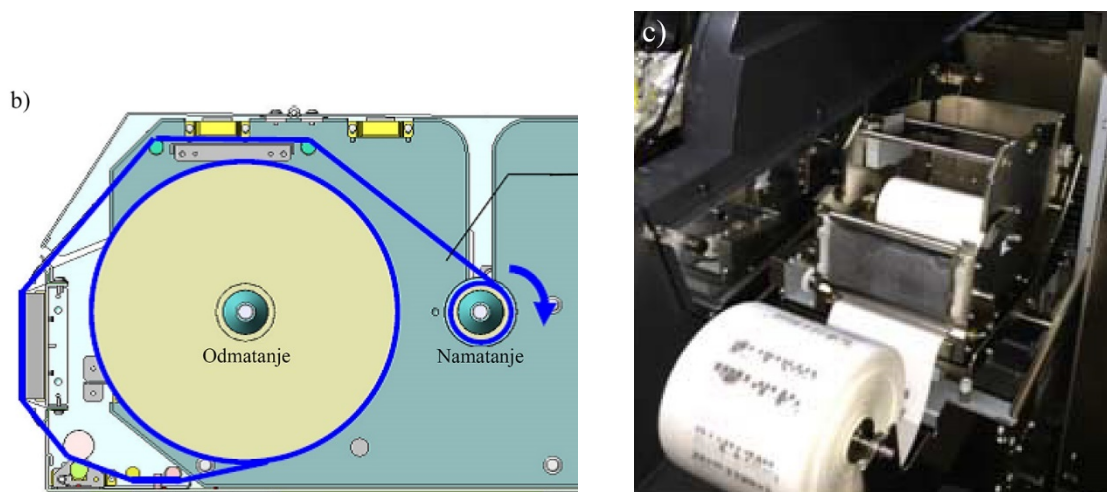
Izvor: [Autor fotografija: Igor Majnarić]

2.3.3. Održavanje inkjet glava

Da bi tiskarski stroj ostvario konstantnost kvalitete inkjet module je potrebno s vremena na vrijeme očistiti. Time se sprječava moguća zasušenje mlaznica čime se produljuje vijek trajanja inkjet glava. U tiskarskom stroju AccurioJet KM-1 sa pogonske (stražnje) strane ugrađena je jedinica za čišćenje glave koja se sastoji od platnene role za čišćenje od nekoliko metara. Jedinicu za čišćenje čine: osovina za odmatanje role, osovina za namatanje role i pritisna glava. U jedinici za čišćenje čista papirna rola je montirana na osovina za odmotavanje, te prelazi preko pritisne glave i nakon čišćenja se ponovo namata na osovina za namatanje.

Proces čišćenja započinje pomicanjem jednog modula u unutrašnjost stroja (odmicanje od tiskovnog cilindra) i dovođenjem zone sa mlaznicama u direktni kontakt sa tkaninom za čišćenje. Pritom će pritisna glava obrisati svu boju s Inkjet glava. Po završetku čišćenja inkjet modul se vraća natrag, a tkanina za čišćenje se namotava u širini modularne glave (cca 10 cm). Ovaj postupak se ponavlja ukupno 4 puta (za svaku boju zasebno). Na slici 21 prikazana je jedinica za čišćenje YMCK inkjet glava.





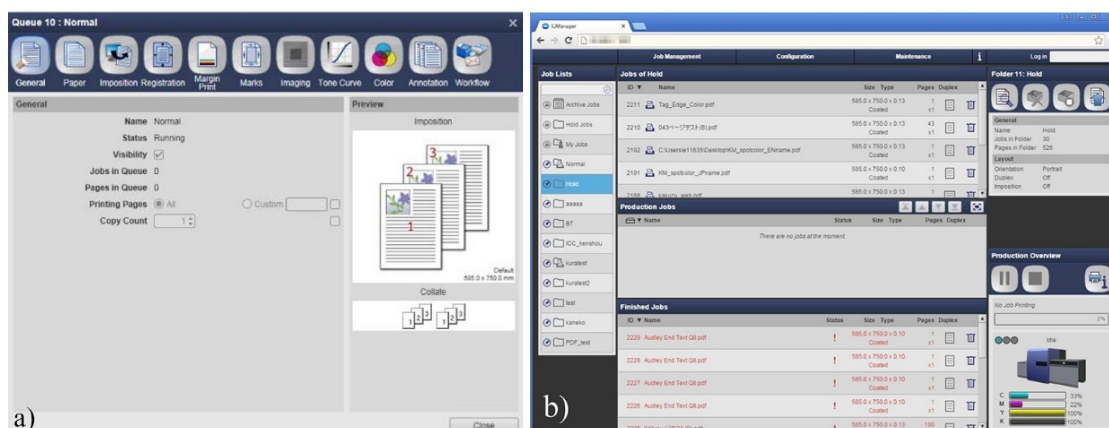
Slika 21. Jedinica za čišćenje inkjet glava KM1800iSHC; a) osnovni dijelovi; b) shematski prikaz; c) zamjena kontinuirane tkanine za čišćenje

Izvori: [Autor fotografija: Igor Majnarić]; [Majnarić, I. (2015) Osnove digitalnog tiska. Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu]

2.4. Programsko sučelje za AccurioJet KM-1 (Raster Image Processor)

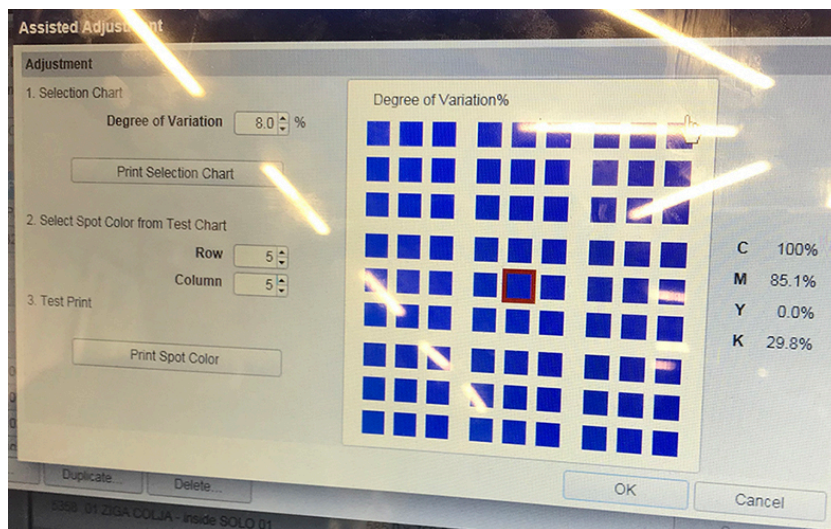
Kao osnovno sučelje i glavni pokretač stroja, unutar AccurioJet KM-1 integrirana je aplikacija IJ Manager koja obavlja upravljanje poslovima, uputstva za ispis, razne postavke RIP funkcija i samo održavanje vezano uz inkjet procese. Aplikacija daje jasne upute IJ Controlleru za izvršenje poslova ispisa i prikaz statusa tiskarskog i transportnog stroja. IJ manager sastoji se od 3 osnovne funkcije: upravljanje poslovima (Job management), sistema za konfiguriranje stroja i segmenta za održavanje stroja. Kod „Job managementa“ se direktno pristupa poslovima i vrši se otiskivanje svakog pojedinog posla, odnosno zadatka pri čemu su u njemu naznačeni svi poslovi koji su obavljani i pripremljeni za otiskivanje, poslovi koji su u fazi tiska (poslovi koji se trenutno izvode) i poslovi koji su izvršeni, te su definirani u svakom pojedinom prozoru. Osim statusa poslova vidljivo je i stanje odnosno količina tiskarske boje, te su definirane osnovne postavke posla potrebne za izvršenje pojedinog zadatka, tj. posla (naziv, broj stranica, orijentacija stranica, verzija, te pozicija stranice).

Kako bi sistem mogao pravilno raditi minimalni preduvjeti su da stroj ima u sebi ugrađeno računalo i monitor rezolucije 1200 x 700 točaka, mora imati konekciju sa internetom (Safari, Internet Explorer) i mora imati operativni sustav koji podržava Windows ili Macintosh. Unutar opcije „Job management“ postoji opcija podešavanja kvalitete reprodukcije pri čemu se mogu podešavati: krivulja reprodukcije, dot gain, registar, definiranje formata papira, tonske vrijednosti, workflow i način otiskivanja (Rich, Standard, ECO). Unutar sistema je i instaliran program za specifikaciju boje „Alwan Color Hub“ v7.6 koji omogućava prepoznavanje i detekciju Pantone boja, tj. nijansi pri čemu se tokom kalibracijskog procesa prikazuje specijalna tablica (9 x 9 nijansi boja) u kojoj se nijanse uspoređuju sa različitim postotkom rastertonske vrijednosti kako bi se ostvarila najbliža nijansa željenom tonu. IJ Manager je ustvari sustav obrade podataka velike brzine, sadrži senzore za otkrivanje statusa rada mlaznica i algoritam koji može nadoknaditi neispravne mlaznice u hodu.



Slika 22. Glavno sušelje AccurioJet KM-1 stroja: a) osnovne funkcije IJ managera; b) radna površina IJ managera

Izvor: [AccurioJet KM-1, Basic operations-en, Manual]



Slika 23. Alwan Color Hub program za specifikaciju boje

Izvor: [Autor fotografije: Igor Majnarić]

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1 Opis eksperimenta

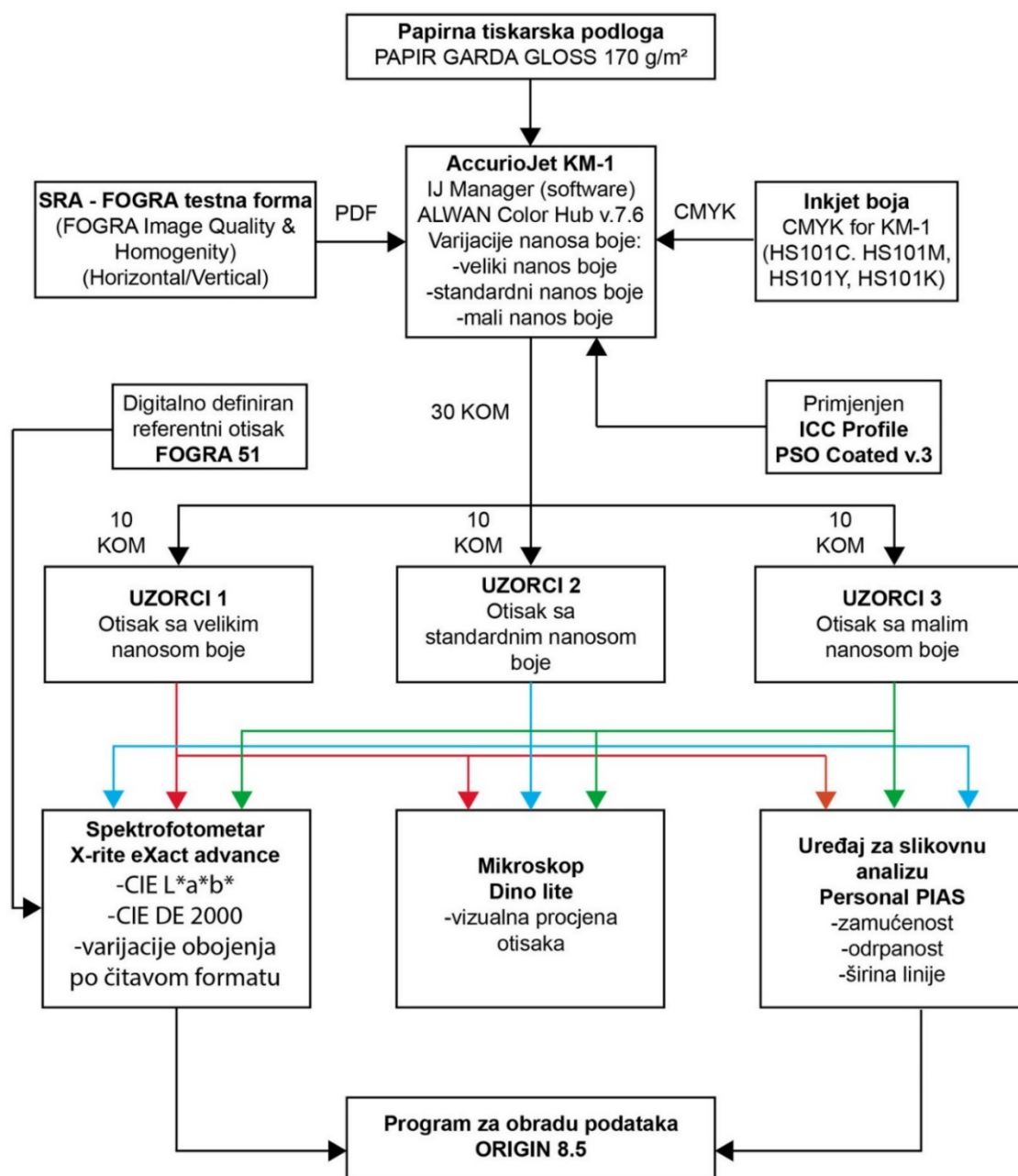
Za potrebe eksperimenta korišten je Inkjet stroj AccurioJet KM-1 koji daje rezultate ispisa visoke kvalitete, te u sebi ima ugrađen software InkJet Manager za uobičajeni nanos boja i software za procesiranje boje ALWAN Color Hub verzije 7.6. On omogućuje KM-1 pisacima da poboljšaju podudaranje i regulaciju PANTONE sustav boja, kao i kvalitetu ispisa i produktivnosti. U sklopu eksperimenta korištena je SRA testna forma od Fogra instituta koja je sadržavala 3 tipa elemenata. To su elementi za kvalitetu slike Media Wedge verzije 3.0, elementi za homogenost površine i elemente za testiranje horizontalne i vertikalne linije (slika 25. i 26.). Svi navedeni otisci, korišteni u eksperimentu, otisnuti su na papiru Garda Gloss 170g/m² uz korištenu standardnu Inkjet boju za KM-1 stroj, tipa HS101C, HS101M, HS101Y, HS101K.

U samom KM-1 stroju, pomoću InkJet Manager software-a, napravljene su 3 varijacije u rasteru, pri čemu se tiskalo sa velikom količinom nanosa boje distribuirane Inkjet mlaznicama (Rich), srednjom količinom nanosa boje (Standard) i malom količinom nanosa boje (ECO). Prilikom otiskivanja primijenjen je ICC profil PSO Coated verzije 3.0. Ukupno je u eksperimentu otisnuto 30 uzoraka koji su podijeljeni na 3 segmenta. Deset uzoraka otisnuto je sa velikim nanosom boje označeni kao „Uzorci 1“, Deset uzoraka otisnuto je sa srednjim nanosom boje, tj. standardni nanos boje označeni kao „Uzorci 2“ i deset uzoraka otisnuto je sa malim nanosom boje označeni kao „Uzorci 3“ Pritom su se za potrebe i praćenja kolorne kvalitete uspoređivali sa referentnim otiscima FOGRE 51.

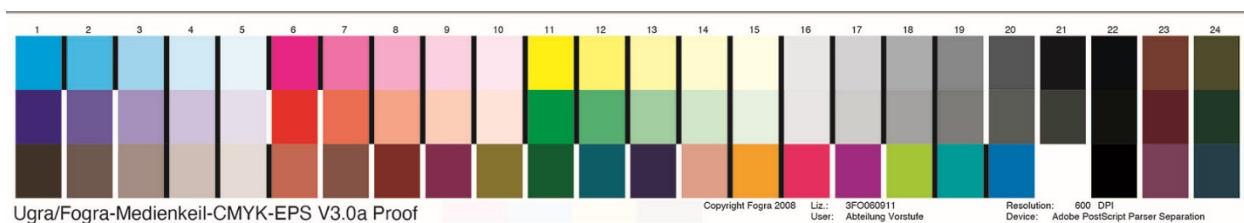
Svi navedeni otisci mjereni su sa spektrofotometrom x-rite eXact advance koji kao konačan rezultat prikazuje CIE L*a*b* devijacije točno definiranog tona, kolornu razliku CIE DE 2000 i varijaciju obojenja po čitavom formatu otisnute za homogenu površinu kasnije prikazanih u obliku 2D grafikona. Nakon kolornog ispitavanja uzoraka napravljena je i analiza slike pomoću uređaja za slikovnu analizu Personal PIAS-a koji nam je služio kao alat za definiranje parametara zamućenosti, odrpanosti i širinu reproduciranih vertikalnih i horizontalnih linija. Konačna vizualna kontrola otisnutih

polja forme Media Wedge v3.0 napravljena je pomoću digitalnog mikroskopa Dino lite koja je prikazana paralelno uz krivulje reprodukcije.

Sve vrijednosti i konačni rezultati dobiveni iz x-rite eXact Advance uređaja i Personal PIAS-a ubačene su u program za obradu podataka Origin verzije 8.5 iz kojega su se iscrtale i definirale karakteristične krivulje reprodukcije u obliku grafikona. Na slici 24 prikazan je kronološki dijagram izvršenog eksperimenta.



Slika 24. Shematski prikaz postupka izvođenja eksperimenta



Slika 25. Mjerni strip za određivanje kvalitete obojenja (Media Wedge verzije 3.0)

[Izvor: <https://www.ugra.ch/en/product/ugra-fogra-media-wedge-cmyk-3-0/>]



Slika 26. Segment tiskovne forme za analizu horizontalnih i vertikalnih linija

[Izvor: Autor fotografije: Sven Sabol]

3.1.1. Ciljevi i hipoteze

U ovom radu su definirana dva osnovna cilja. Prvi je istražiti uspješnost realizacije otisaka otisnutih na visoko produktivnom Inkjet stroju KM-1, te utvrditi odstupanja (zadovoljavanje sa referentnom FOGROM 51). Drugi cilj je detaljno analizirati mogućnost modifikacije Inkjet (Konica Minolta KM1800iSHC Inkjet glave), te odrediti oscilacije u modu malog, visokog i standardnog nanosa boje. Pritom su definirane i dvije hipoteze . Prva je da će UV Inkjet otisak na standardnom Gloss papiru dati zadovoljavajući otisak i ostvariti devijaciju u skladu sa ugovorenim probnim otiskom. Druga hipoteza predviđa da će visoko kvalitetni mod jedini ostvariti otisak unutar PSD standarda (kategorija A), tj. da će ekonomični mod dati lošiju realizaciju obojenja (kategorija B i C).

Tablica 1. Evaluacija usporednih dobrih otisaka i otisaka naklade

Definicija polja u digitalnom obliku	Kvaliteta kategorije C	Kvaliteta kategorije B	Kvaliteta kategorije A
Podloga	$\Delta E_{00} < 3.5$	$\Delta E_{00} < 3.5$	$\Delta E_{00} < 3.5$
Sva polja	Prosječno $\Delta E_{00} < 5.5$ 95% kvantila $\Delta E_{00} < 6.5$	Prosječno $\Delta E_{00} < 5.5$ 95% kvantila $\Delta E_{00} < 6.5$	Prosječno $\Delta E_{00} < 5.5$ 95% kvantila $\Delta E_{00} < 6.5$
Polja za određivanje digitalnog balansa	Maksimalno $\Delta C_h \leq 4.5$	Maksimalno $\Delta C_h \leq 3.5$	Maksimalno $\Delta C_h \leq 2.5$

Tablica 2. Kategorizacija dozvoljenog kolornog odstupanja

	Kvaliteta kategorije C	Kvaliteta kategorije B	Kvaliteta kategorije A
Maksimalna razlika u obojenju ostvarena usporedbom	$\Delta E_{00} < 3.5$	$\Delta E_{00} < 3.5$	$\Delta E_{00} < 2.5$

3.2 Strojevi i mjerni uređaji

3.2.1 AccurioJet KM-1 UV Inkjet

AccurioJet KM-1 je digitalni UV Inkjet tiskarski stroj. Ovaj tiskarski stroj iz Konica Minolte, daje rezultate ispisa visoke kvalitete. Boje su svijetle, čiste i glatke, s oštrim, jasnim tekstom i linijaturama. AccurioJet KM-1 stroj stvara visoko stabilnu platformu za digitalni tisak s preciznošću pri nanosu boje. U sebi sadrži jedan od naprednijih dizajna glave za inkjet ispis s patentiranom tehnologijom „Dot Freeze“. Kombinira materijale za ispis i stabilnost karakteristične za offset tiskarske strojeve s prednostima najnovije digitalne tehnologije. Omogućuje fleksibilnost medija i nulte pripreme za ispis promjenjivih podataka i proizvodnju sve do B2 formata. Omogućuje dobivanje slike do 1200 dpi-a, te im daje jasnu, oštru i preciznu rezoluciju.

Koristi isključivo UV boje koje su ujedno i brzosušeće, te im nije potrebno dodatno vanjsko sušenje. Boja se nanosi u CMYK varijaciji sa gornje i sa donje strane. Kada govorimo o jednostranom otiskivanju, moguće je otisnuti i do 3000 stranica u jednom satu, dok mu za obostrano otiskivanje treba duplo duže, tj. uspije otisnuti 1500 stranica u satu. [7]



Slika 27. AccurioJet KM-1 UV tiskarski stroj

[Izvor: AccurioJet KM-1 <https://www.konicaminolta.com.au/products/industrial-print/high-speed-inkjet/accuriojet-km-1>]

Tablica 3. Tehničke specifikacije AccurioJet KM-1 stroja

Naziv	AccurioJet KM-1
Tip stroja	UV inkjet tiskarski stroj B2 formata
Rezolucija	1200 x 1200 dpi
Boja	UV boja CMYK
Nijanse sivoće	8 nijansi sive boje
Ispisna glava	KM1800iSHC
Frekvencija ispisa	96 kHz
Veličina kapljice	min. 3,5 – 7 pL
Max. brzina otiskivanja arka	Jednostrano – 3000 arak/h Dvostrano – 1500 arak/h
Max. veličina podloge	585 x 750 mm
Max, područje otiskivanja	575 x 735 mm
Debljina podloge	Jednostrano – 0,06-0,6 mm Dvostrano – 0,06-0,45 mm
Gramature podloge	Jednostrano – 50-400 g Dvostrano – 50-385 g
Stvrđnjavanje podloge	UV LED svijetlo
Orijentacija ispisa	Automatski
Visina ulagaće jedinice	900 mm
Visina izlagaće jedinice	680 mm
Dimenzije stroja	5396 x 2947 x 2325 mm
Težina stroja	8100 kg

AccurioJet KM-1 koristi ispisne glave KM1800iSHC razvijene od strane Konica Minolte. Imaju izvornu razlučivost od 600 dpi, s 1800 mlaznica raspoređenih u dva reda po širini ispisa od 75,5 mm. One su raspoređene u kompaktnu ispisnu traku, sa 16 glava u širini ispisa od 585 mm, uz ostvarenu isporuku rezolucije od 1200 dpi izvedenu uz pomoć u jednostavnog i čvrstog nosača.

Pojedinačne glave, lako se postavljaju kako bi se dobili bešavni spojevi, te daje glatke tonove bez vidljivih Inkjet tragova odstupanja, čak i pod povećanjem. Dvije glave su montirane u modul s njih osam u liniji za ispis za svaku boju, tj. ukupno stroj posjeduje 64 ispisne glave. Konica Minolta razvila je svoj valni oblik pogona, tj. novom strukturom neovisnih tlačnih komora, koja omogućava visoku produktivnost i stabilno svojstvo mlaza pri brzinama aktivacije od 41 kHz, koristeći dvostruku veličinu kapi. Pri špricanju, glave rade na povišenoj temperaturi, kako bi se smanjio viskozitet boje u fazi mlaznog izbacivanja (mlaznica), značajnu prednost kvalitete otisnute slike dizajnom. Učinak je trenutno zamrzavanje kapljica u letu prije nego što udare u papir ili površinu podloge, kontrolirajući neželjene učinke širenja rasterskih točkica i učinaka njihovog spajanja. [8]

3.2.2 x-rite eXact advanced

Uređaj eXact Advanced je spektrofotometar koji služi za vizualno analiziranje prostora boja, kontrolu kvalitete i kontrolnog tiska. Ocjenjuje otiske i papir prije, tijekom i nakon proizvodnje tiska. Idealan za laboratorije za miješanje boja, laboratorije za kontrolu kvalitete i komercijalne tiskare i tiskare za proizvodnju ambalaže. Uređaj eXact Advanced može mjeriti boju otiska i papira prije, tijekom i nakon tiska kako bi osigurao da boja ostane na ciljnoj razini.

Također se povezuje s PANTONE LIVE-om i NetProfiler-om kako bi se povećala točnost boja unutar radnog tijeka. eXact Advanced ne provjerava samo CMYK obojenja i spot boja, već može istovremeno mjeriti četiri mjerna načina kako bi vizualizirao spektralnu refleksiju podloge ili otiska, izmjerio koncentraciju određene boje i izmjerio razliku tiskovnih podloga ili tiskarske boje preko bijele i preko crne podloge. Provjerava koncentraciju tiskarske boje sa značajkama apsolutne i relativne jačine obojenja.

Koristi graf refleksije za demonstriranje spektralne refleksije tiskarske podloge ili tiskarske boje za otkrivanje metamerizma. [9]



Slika 28. x-rite eXact Advanced spektrofotometar

[Izvor: x-Rite Pantone <https://www.emmersonpackaging.com/project-management/smartproof/>]

Tablica 4. Tehničke specifikacije x-rite eXact advanced spektrofotometra

Veličina priključka za mjerenje	1,5 mm, 2 mm, 4 mm, 6 mm
Prostori boja	CIE L*a*b*, CIE L*C*h°, CIE XYZ i Yxy G7 Certifikacija: Da, s ugrađenim G7, PSO, Japan Color predlošcima
Vrste svjetla	A, C, D50, D55, D65, D75, F2, F7, F11, F12
Dimenzije	18cm x 7.8cm x 7.6cm
Kalibracija	Automatska, uključena bijela referenca
Geometrija mjerenja	45/0°
Spektralni raspon	400-700 nm
Brzina mjerenja	<1s
Mjerni uvjeti	M0, M1, M2, M3
Dimenzije	18cm x 7,8 cm x 7,6 cm

3.2.3 Dino lite mikroskop

Dino lite je ručni mikroskop koji je ovom radu služio kao uređaj sa softwareom koji je omogućio mjerenje i kalibraciju slike. Dino-Lite serija uređaja omogućuje širok raspon proizvoda za povećanje slike s najvišom kvalitetom slike, kao i softver koji je vrlo jednostavan za korištenje s opsežnim mjernim funkcijama i nekoliko jedinstvenih hardverskih i softverskih značajki. Sastoji se od Dino-Lite modela s USB priključkom s povećanjem do 200 puta i razlučivosti slike od 1,3 megapiksela ili 5 megapiksela. Za rad s reflektirajućim objektima moguće je odabrati modele s ugrađenim polarizacijskim filterom s prilagodljivom polarizacijom. Visokokvalitetna optika pruža vrlo oštru, svijetlu i prirodnu sliku u boji s vrlo niskim aberacijama. Izmjenjivi poklopci pružaju još veću fleksibilnost za korištenje u svim vrstama profesionalnih aplikacija. U ovom radu uređaj je korišten u svrhu prikazivanja RGB i CMYK spotnih boja testnog uzorka. Prilikom kalibracije, mikroskop je namješten na uvećanje od x167 (167 puta). [10]



Slika 29. Mikroskop Dino lite

[Izvor: Autor fotografije: Sven Sabol]

Tablica 5. Tehničke specifikacije mikroskopa Dino lite

Sučelje	USB 2.0
Rezolucija	5.0 megapiksela
Povećanje	10-70x, 200x
Način rada	Microtouch
Svrha uređaja	Mjerenje, kalibracija
Dodatno osvjetljenje	8 LED lampica

3.2.4 Personal PIAS

Personal PIAS je digitalni mikroskop koji se koristi za slikovnu analizu slike otisaka. U sebi ima ugrađene alate za analizu otisaka, u skladu je sa svim ISO standardima za praćenje kvalitete slike. On sadrži optiku za očitavanje LAB vrijednosti unutar vidljivog spektra.

Osim navedenih opcija, također može poslužiti kao alat za mjerenje reflektancije, reprodukciju tonova, mjerenje tiskovnih elemenata, računanje površine i slično. Personal PIAS jedan je od novije generacije ručnih digitalnih mikroskopa visokih performansi koji uvelike olakšava analizu snimljene slike.

Omogućuje dijeljenje slika i mjerenja u stvarnom vremenu, revolucionirajući dinamiku evaluacije slike, te mu je omogućena opcija lakog povezivanja na Internet putem računala. Sva mjerenja su kalibrirana i međunarodni standardi kvalitete slike ugrađeni su u testne algoritme.

U sebi sadrži sveobuhvatni softver za analizu slike USA proizvođača QEA. Uređaj ima dva promjenjiva optička modula. To su: visoke rezolucije koji služi za promatranje manjih elemenata (polutonske vrijednosti, sateliti te tanke linije i rubovi) i niske rezolucije koji služi za promatranje većeg područja (neujednače površine i greške u gradijentima). [11]



*Slika 30. Digitalni mikroskop za slikovnu analizu Personal PIAS
[Izvor: Autor fotografije: Sven Sabol]*

Tablica 6. Tehničke specifikacije digitalnog mikroskopa Personal PIAS

Sistemka konfiguracija	Modul kamere s dva izmjenjiva optička modula Napredni IALab® softver za analizu kvalitete slike
Kamera	CCD SXVGA u boji pri 1280x960
Optika	Standardni paket uključuje dva (2) izmjenjiva modula: modul visoke rezolucije (~ 2,5 μm /piksel) i modul niske rezolucije (~ 17 μm /piksel), svaki s ugrađenim vidljivim osvjetljenjem. Optički moduli s UV ili IR osvjetljenjem
Osvjetljenje	Standardno vidljivo osvjetljenje: bijelo LED prstenasto svjetlo na reflektirajućem, geometrija 45/0
Sučelje	USB 2.0
Kalibracija	Prostorna (dimenzija) i refleksija (optička gustoća)

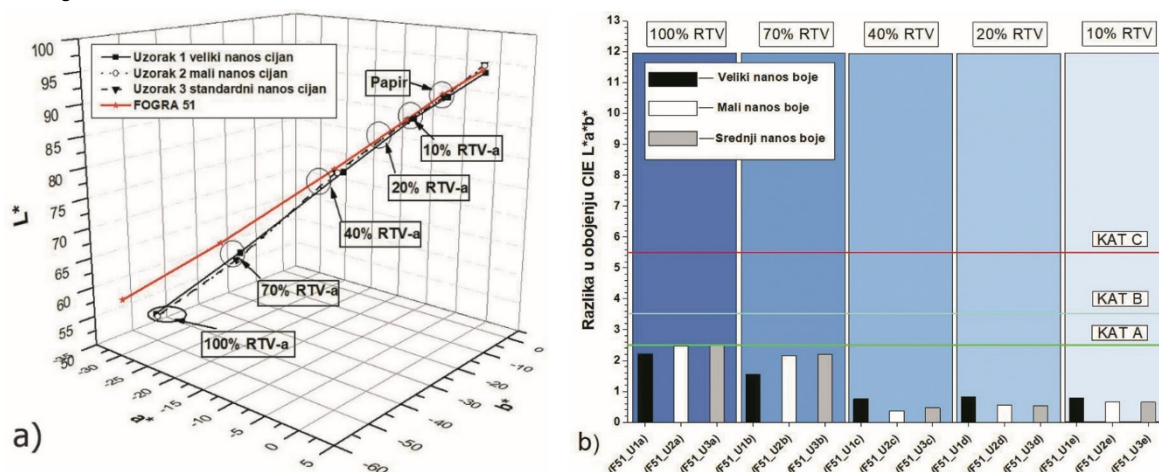
4. REZULTATI I DISKUSIJA

U grafičkoj industriji za potrebe kolornog otiskivanja otiskuju se četiri procesne boje. Za praćenje uspješnosti njihove realizacije primjenjuju se prvenstveno spektrofotometrijske i denzitometrijske metode. Pritom su za određivanje kvalitete najčešće su u primjeni: određivanje rastertonske vrijednosti otisaka, sivi balans homogenih površina i točna realizacija linija.

4.1. Rezultati rastertonskih vrijednosti

Zbog primjene Gloss premazanog papira referentna vrijednost obojenja sukladna je standardu FOGRA 51. Stoga se kvaliteta otiskivanja tiskarskog stroja KM-1 AccurioJet određuje mjerenjem CIE $L^*a^*b^*$ vrijednosti i određivanje kolorne razlike CIE $L^*a^*b^*$ DE 2000. Na slikama 31., 33., i 35., prikazane su krivulje reprodukcije CMY procesnih boja mjereći polja od 0% RTV, 10% RTV, 20% RTV, 40% RTV, 70% RTV, 100% RTV i crnih polja od 0% RTV, 10% RTV, 20% RTV, 40% RTV, 60% RTV, 80% RTV, 100% RTV (slika 25.).

Cijan



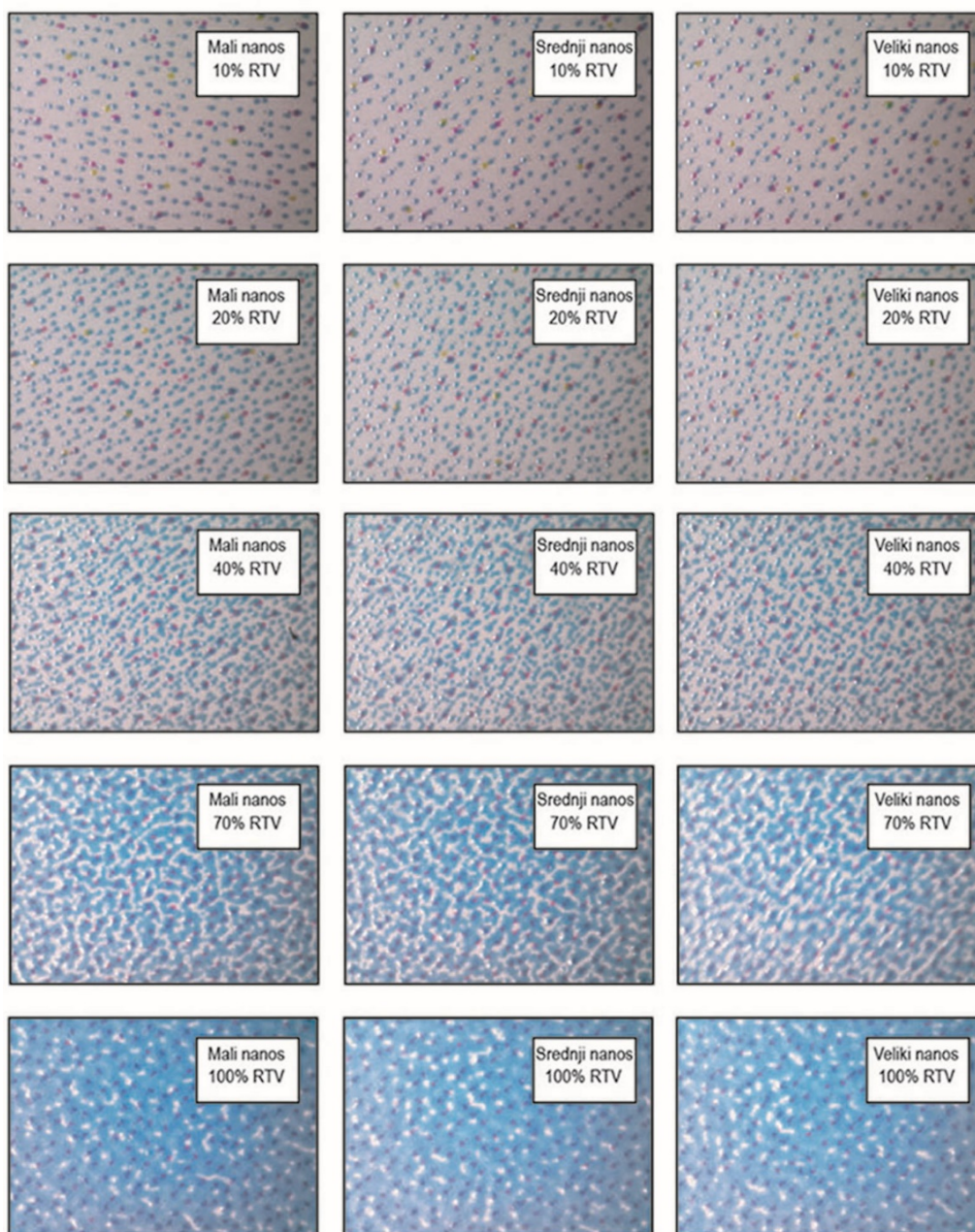
Slika 31. Ostvarene kolorne promjene Cijan otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE $L^*a^*b^*$ DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Varijacijom nanosa cijan Inkjet bojila uočava se blago odstupanje u odnosu na FOGRA 51 referencu. Pritom se uočuje da ta razlika raste sa povećanjem pokrivenosti cijan bojila. U našem slučaju ona u svijetlim tonovima iznosi $\Delta E_{SRED_10\%} = 0,69$, doke je u tamnim tonovima iznosi: $\Delta E_{SRED_100\%} = 2,39$.

Za realizaciju većih cijan površina (70% i 100%) optimalna postavka je ostvarena sa Rich modom (veliki nanos boje) dok se standardnim modom (srednji nanos boje) i ECO modom (mali nanos boje) ne ostvaruju veće kolorne razlike.

Na površini punog tona (100% RTV) one iznose: Veliki nanos $\Delta E_{F51_U1a} = 2,21$; Mali nanos $\Delta E_{F51_U2a} = 2,46$; Standardni nanos $\Delta E_{F51_U3a} = 2,50$. Samim time vrijednosti ne prelaze granicu 2,5, te ostaju u području stabilnog otiska (granica dozvoljene tolerancije). Ostala mjerena područja (10% RTV, 20% RTV, 40% RTV) ne doživljavaju značajnu kolornu promjenu, te različiti odabir metode otiskivanja ne daje značajne kolorne promjene: Veliki nanos (Rich mod) $\Delta E_{VELIKI_10-40\% RTV} = 1,22$; Mali nanos (ECO mod) $\Delta E_{MALI_10-40\% RTV} = 1,24$; Srednji nanos (Standardni Mod) $\Delta E_{STAND_10-40\% RTV} = 1,26$. Otisci cijana imaju manji udio zelene boje, a pod time se podrazumijeva pad po koordinati a^* i sa manjim udiom pada svijetline.

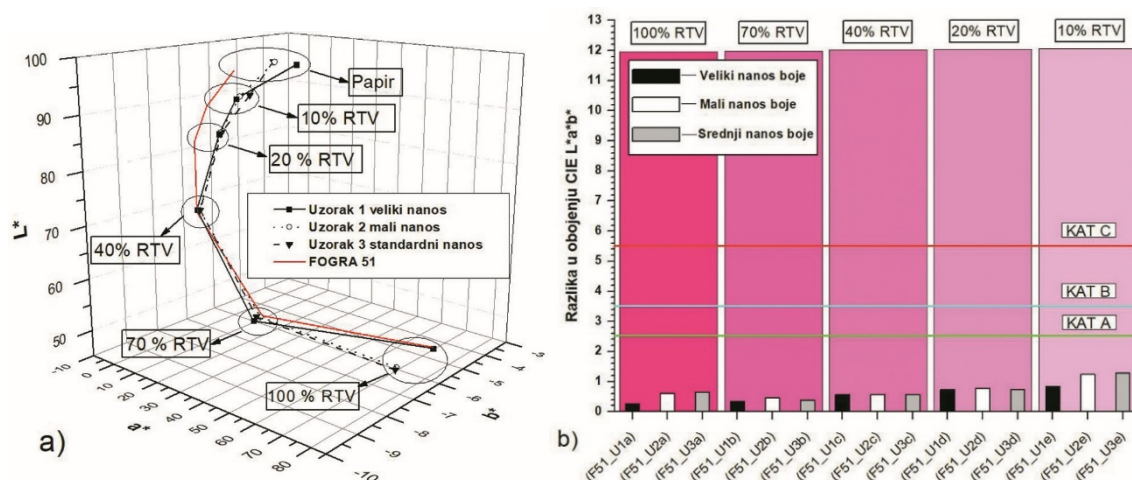
Nastale kolorne promjene vidljive su i u realizaciji najsitnijih rastertonskih elemenata. Na slici 35. prikazan je uvećani prikaz Rich, Standardn i Eco moda KM-1 cijan otiska.



Slika 32. Uvećani prikaz od 167 puta mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa Cijan Inkjet bojila

Djelovanjem Color Managmenta u cijan separaciji možemo uočiti i tragove ostalih boja (magenta). Tako će mali nanos boje (ECO mod) ostvariti manju količinu ostalih rasterskih elemenata. U srednjim tonskim vrijednostima promjene načina otiskivanja ne utječu na rezultate (površina je identična). U tamnim tonovima udio magentnih rastertonskih elemenata je značajno veći, što ove tonove čini više ljubičasto-plavima (cijan i magenta), te utjecaji kolornog moda imaju veliku ulogu zbog kojih nastaju veće razlike.

Magenta



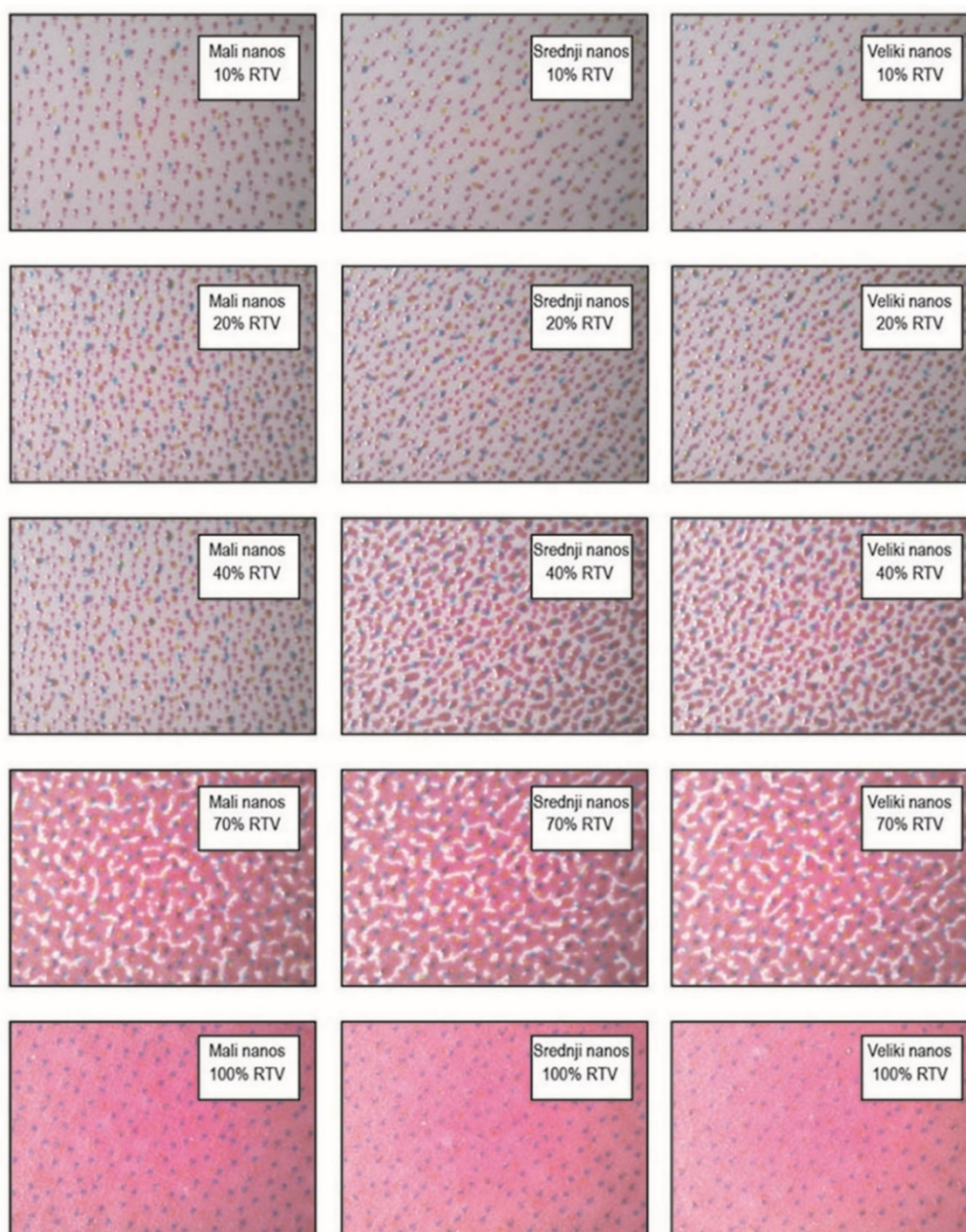
Slika 33. Ostvarene kolorne promjene Magenta otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Nanosom magenta KM-1 Inkjet bojila najveća devijacija primjećuje se pri malim tonskim vrijednostima (od 10% RTV) dok se kod ostalih rastertonskih vrijednosti razlika u obojenju jedva primjećuje (ljudskom oku nemoguće vidjeti). Ta devijacija pri niskim tonovima iznosi $\Delta E_{\text{VELIKI}_{10\% \text{ RTV}}} = 0,83$; $\Delta E_{\text{MALI}_{10\% \text{ RTV}}} = 1,24$; $\Delta E_{\text{STAND}_{10\% \text{ RTV}}} = 1,29$. Time je u eksperimentalnom otiskivanju ostvarena najveća devijacija magente $\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 0,41$. Ostale tonske vrijednosti (20% - 100% RTV) su otisnute bez značajnih devijacija nastavljajući trend da veća površinska pokrivenost rezultira veću oscilaciju. U našem slučaju ona iznosi: Veliki nanos (Rich mod) $\Delta E_{20-100\% \text{ RTV}} = 0,47$; Mali nanos (ECO mod) $\Delta E_{20-100\% \text{ RTV}} = 0,59$; Srednji nanos (Standard mod) $\Delta E_{20-100\% \text{ RTV}} = 0,57$. Za realizaciju i dobivanje optimalnih postavki ostvareni su u svim varijantama odnosno Rich mod, Standard mod, te ECO mod.

Pritom treba naglasiti da se u tonovima od 40%, 70% i 100% RTV ne uočavaju prevelike razlike. U niskim tonovima obojenja (20% i 10% RTV) kolorne razlike su ipak vidljive i one iznose: $\Delta E_{\text{F51_U1e}} = 0,83$; $\Delta E_{\text{F51_U2e}} = 1,24$; $\Delta E_{\text{F51_U3e}} = 1,29$.

Time možemo zaključiti da vrijednosti ne prelaze granicu od 2,5 i otisci ostaju u granicama stabilne reprodukcije.

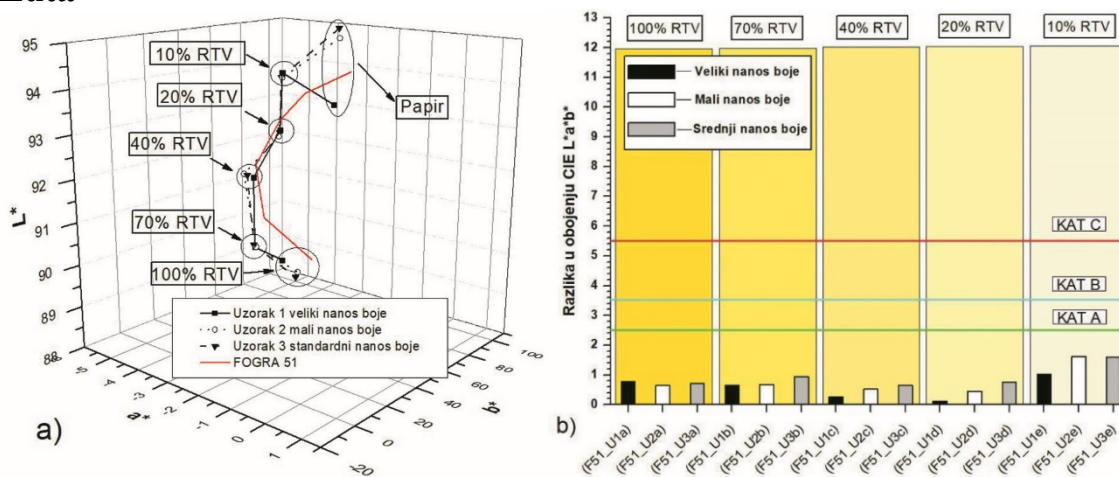
Sva mjerna područja (10%, 20%, 40%, 70%, 100% RTV-a) ne doživljavaju značajnu kolornu promjenu, te odabir metode otiskivanja u svim modovima (Rich, ECO, Standard) je optimalan i zadovoljavajuć: $\Delta E_{VELIKI_SRED}=0,54$; $\Delta E_{MALI_SRED} = 0,72$; $\Delta E_{STAND_SRED} = 0,72$. Otisci magente imaju veći udio zelenog tona, tj. vidljiv je rast po koordinati a^* , te je uočljiva veća svijetlina tih tonova. Kod velikog nanosa magente boje najoptimalniji je standard mod (slika 33a).



Slika 34. Uvećani prikaz od 167 puta mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa magenta inkjet bojila

U magenta separaciji primjećujemo najveću razliku između velikog (Rich) nanosa i malog (ECO) nanosa, te također možemo uočiti tragove cijana unutar samog rastera. Tako će pri malim tonskim vrijednostima ECO mod ostvariti veću količinu rastertonskih elemenata. Pri srednjim tonskim vrijednostima način otiskivanja neće utjecati na rezultate (površina je identična). U tamnim tonskim vrijednostima udio ostalih separacija je značajno manja, što daje otisku ujednačen puni ton magente.

Žuta

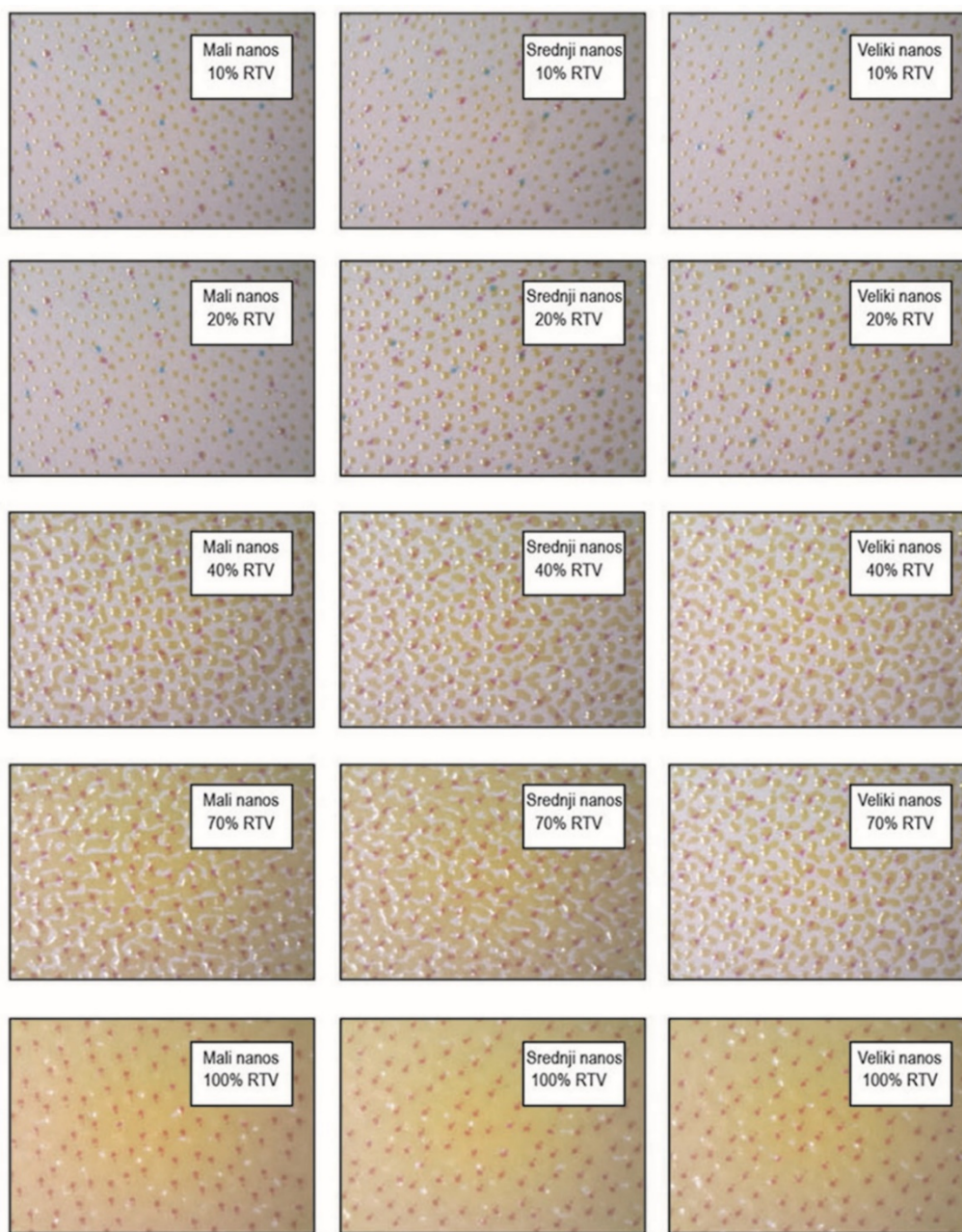


Slika 35. Ostvarene kolorne promjene žutog otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Rezultati nanosa žutog KM-1 Inkjet bojila slični su onima kod nanosa magentne boje. Pri velikim tonskim površinama (100% i 70% RTV) razlika u modovima (Rich, ECO, Standard) jedva se primjećuje, (ona je ljudskom oku neprimjetna i potrebna su dodatna pomagala kako bi se uopće uočila razlika). Značajna devijacija uočljiva je pri srednjim i niskim žutim tonovima, a najviše se primjećuje kod 10% RTV-a. Ta devijacija malog tona iznosi: $\Delta E_{\text{VELIKI}_{10\%}} = 1,02$; $\Delta E_{\text{MALI}_{10\%}} = 1,61$; $\Delta E_{\text{STAND}_{10\%}} = 1,59$. Najveća devijacija žutog KM-1 bojila ostvaruje se između velikog i malog nanosa, a ona iznosi: $\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 0,59$. Osim 10% RTV-a značajnije odstupanje još se može primjetiti i kod 20% RTV, gdje devijacija iznosi $\Delta E_{\text{VELIKI}_{20\%}} = 0,11$; $\Delta E_{\text{MALI}_{20\%}} = 0,44$; $\Delta E_{\text{STAND}_{20\%}} = 0,75$. U istoj možemo primjetiti linearni rast samog odstupanja: $\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 0,33$; $\Delta E_{\text{MALI-STAND}} = 0,31$.

Ostale rastertonske vrijednosti (40%, 70%, 100% RTV) nemaju značajnu devijaciju, te pri povećanju površinske pokrivenosti oscilacije su sve manje i stabilnije. Specifično kod žute boje one iznose: Veliki nanos $\Delta E = 0,56$; Mali nanos $\Delta E = 0,61$; Srednji nanos $\Delta E = 0,76$.

Za samu realizaciju i potrebu otiskivanja, te dobivanje optimalnog i stabilnog otiska, svi modovi odnosno Rich, ECO i Standard su zadovoljavajući. Treba naglasiti da se odstupanja kod velikih vrijednosti (40%, 70%, 100% RTV) puno manje uočavaju nego kod malih vrijednosti (10% i 20% RTV) koje iznose: $\Delta E_{F51_U1d} = 0,11$; $\Delta E_{F51_U1d} = 0,44$; $\Delta E_{F51_U1d} = 0,75$. Primjećujemo da vrijednosti ne prelaze granicu od 2,5 koja označava granicu za stabilan otisak, pa je samim time odabir moda potpuno nebitan jer je svaki od njih zadovoljavajući i optimalan.

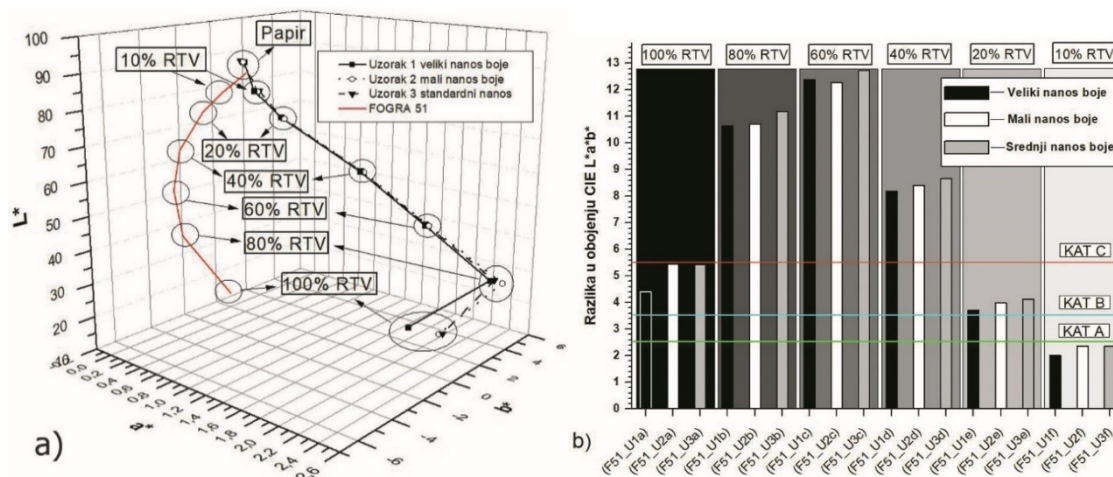


Slika 36. Uvećani prikaz od 167 puta mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa Žutog inkjet bojila

Kod separacije žutog otiska, najveća razlika primjećuje se između velikog (Rich) nanosa i srednjeg (Standard) nanosa pri maloj rastertonskoj vrijednosti (20% RTV). Unutar samog rastera, kod malih rastertonskih vrijednosti možemo primjetiti tragove magente i cijana.

To znači da će kod malih tonskih vrijednosti, Standard mod ostvariti bolju i veću količinu rastertonskih elemenata, dok će se pri povećanju tonske vrijednosti sve jasnije prikazivati puni ton žute boje.

Crna

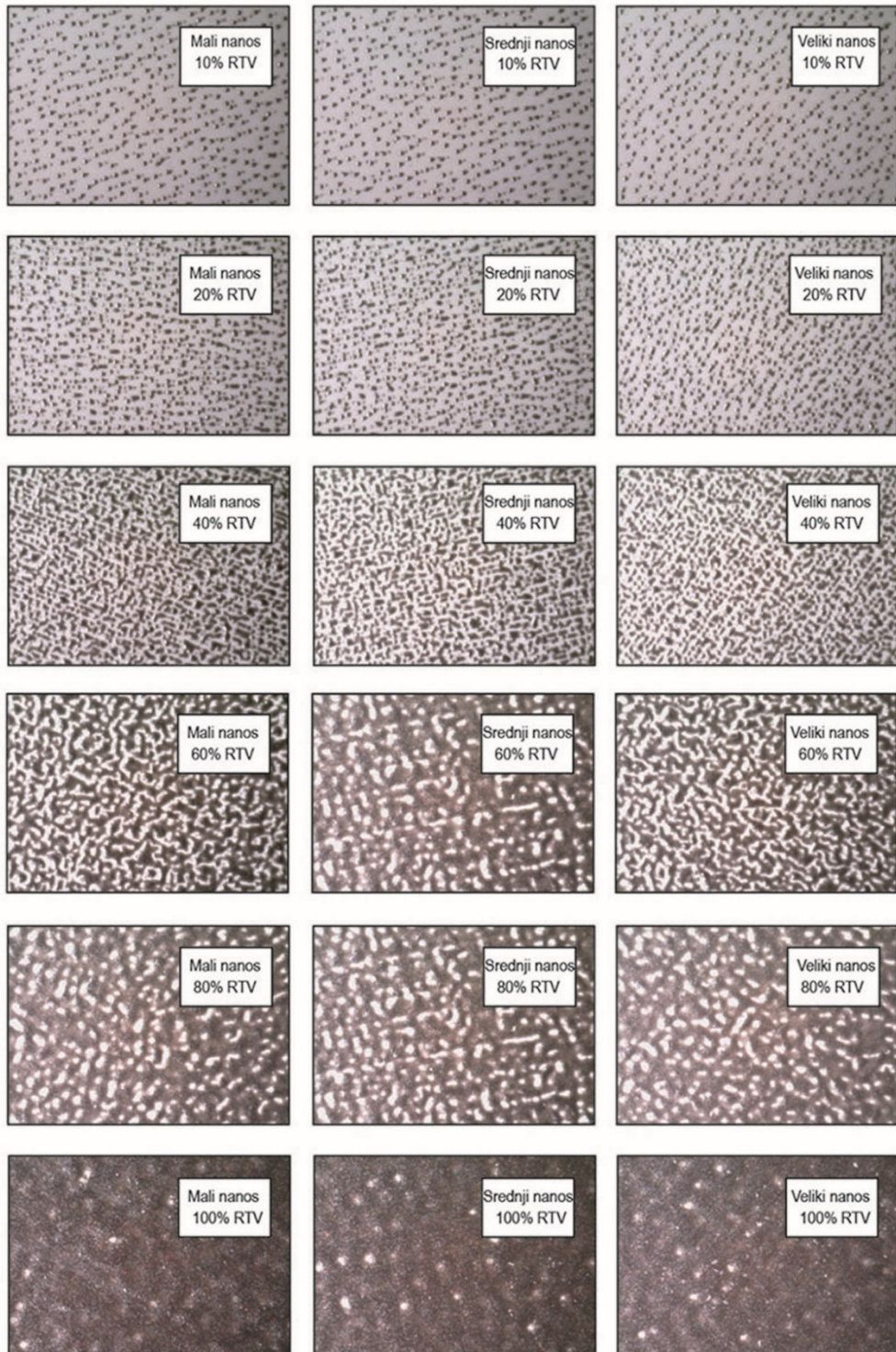


Slika 37. Ostvarene kolorne promjene Crnog otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Kod varijacije crnog KM-1 Inkjet bojila ostvarena su veća kolorna odstupanja. Sama analiza rezultata puno je kvalitetnije opisana zbog jednog mjerenog polja više nego kod ostalih procesnih bojila (2 su polja srednje tonske vrijednosti u odnosu na ostale otiske gdje imamo jedan srednje tonski otisak). Kolorne razlike puno su veće od ostalih procesnih boja. Sve devijacije osim kod malih tonskih vrijednosti (10% RTV) prelaze granicu od 5,5 što ukazuje na nestabilnost otiska kod ostalih crnih tonskih vrijednosti. Iz same analize možemo vidjeti da je jedino polje od 10% RTV-a dobro otisnuto, i ono iznosi: $\Delta E_{\text{VELIKI}_{10\%}} = 2,01$; $\Delta E_{\text{MALI}_{10\%}} = 2,36$; $\Delta E_{\text{STAND}_{10\%}} = 2,37$. Kao što možemo vidjeti sve vrijednosti male tonske vrijednosti (10% RTV) nalaze su unutar granice stabilnog otiska i on je ujedno i najbolji odabir u našem slučaju. Promjenom moda u tom polju najveća devijacija vidljiva je između velikog (Rich) nanosa i malog (ECO) nanosa, te ona iznosi: $\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 0,35$.

U području ispod maksimalne tolerancije dobrog otiska (5,5) uspješno su otisnuta polja od 20% i 100% RTV.

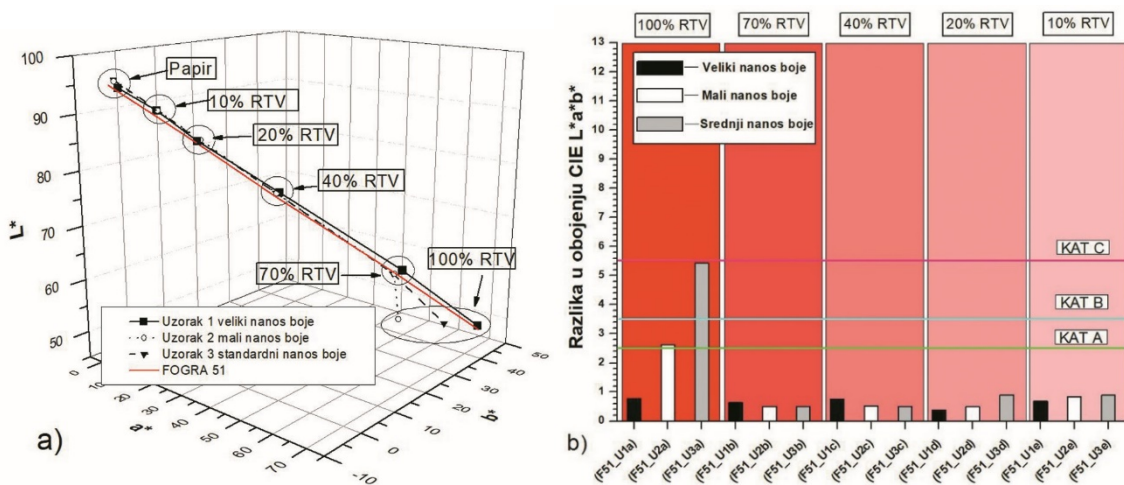
Ona su nastala promjenom moda iz Rich u Standard te iznose: $\Delta E_{\text{VELIKI}} - \Delta E_{\text{STAND}}$ (20% RTV) = 0,41, te Rich u ECO: $\Delta E_{\text{VELIKI}} - \Delta E_{\text{MALI}}$ (100% RTV) = 0,95. Tamnija crna rastertonska područja (40% - 80% RTV) primjenom FM rastera ostvaruju veliku kolornu promjenu koja je izražena po smjeru kromatičnosti (a^* i b^* koordinate). Pritom će polje od 60% RTV imati najveće oscilacije: $\Delta E_{\text{F51_U1c}} = 12,39$; $\Delta E_{\text{F51_U2c}} = 12,28$; $\Delta E_{\text{F51_U3c}} = 12,74$. U srednjem području RTV-a varijacijom nanosa KM-1 Inkjet bojila ostvariti će se prosječna promjena crnog obojenja u odnosu na FOGRU 51 od: 80% RTV ($\Delta U_{\text{SREDNJI}} - \Delta U_{\text{VELIKI}} = 0,55$); 60% RTV ($\Delta U_{\text{SREDNJI}} - \Delta U_{\text{MALI}} = 0,46$); 40% RTV ($\Delta U_{\text{SREDNJI}} - \Delta U_{\text{VELIKI}} = 0,48$). Samim time prosječno odstupanje svih crnih tonova iznosi: $\Delta E_{\text{SRED_40\%-80\%}} = 0,49$.



Slika 38. Uvećani prikaz od 167 puta mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa Crnog inkjet bojila

Rasterski elementi KM-1 Inkjet-a su čisti primjer stohastičkog rastera u kojem manji nanos formira manje rastertonske elemente, a veći nanos definira veće rastertonske elemente i taj efekt je najbolje vidljiv u srednjim područjima RTV-a.

Primjenom transparentnih procesnih bojila ostvaren je preduvjet mješanja koje za cilj ima ostvarivanje sekundarnih tonova i tako će sa 100%-tnim nanosom cijana i žute nastati zeleni tonovi; cijana i magente nastati ljubičasto-plavi tonovi; te žute i magente nastati crveni tonovi. Na slici 39., 41. i 43., prikazane su krivulje reprodukcije sekundarnih tonova ostvarene devijacijom nanosa boje inkjet glave KM1800iSHC.



Slika 39. Ostvarene kolorne promjene Crvenog otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Crveni tonovi nastali rastriranjem prikazani na slici 39., ukazuju na stabilne otiske u svim područjima RTV-a. Izuzetak je puni ton (100%) gdje se primjećuje značajno odstupanje, (pogotovo kod srednjeg nanosa Standard moda). Primjenom nanosa žutog i magentnog KM-1 Inkjet bojila uočava se blago odstupanje u odnosu na referentnu FOGRU 51. Primjećujemo da su pri punom tonu odstupanja značajno vidljiva u odnosu na sva ostala mjerena polja.

Zanimljivost prilikom mjerenja je ta da je najveća devijacija izmjerena u Standard modu i to između punog tona (100%) i u rasteru od 70% RTV-a. Ona iznosi: $\Delta E_{\text{STAND}_{70\%}} = 0,50$; $\Delta E_{\text{STAND}_{100\%}} = 5,42$.

Osim Standard moda lagana odstupanja primjetna su i kod malog (ECO) nanosa, a primjetna devijacija također je izmjerena između polja od 100% pokrivenosti i 70% RTV-a, ona iznosi: $\Delta E_{\text{MALI}_{70\%}} = 0,50$; $\Delta E_{\text{MALI}_{100\%}} = 2,63$.

Što se tiče velikog (Rich) nanosa, otisak je u svim poljima mjerenja (10%, 20%, 40%, 70%, 100%) stabilan i gotovo ujednačen pri svakom apliciranom modu (Rich, ECO, Standard). Izuzev punog tona, mjereni podatci ukazuju na stabilnost otiska primjenom žutog i magentnog boje u svim poljima mjerenja. Sva tonska područja osim punog tona spadaju unutar granice stabilnog otiska, odnosno nalaze se u granicama kvalitetnog otiska.

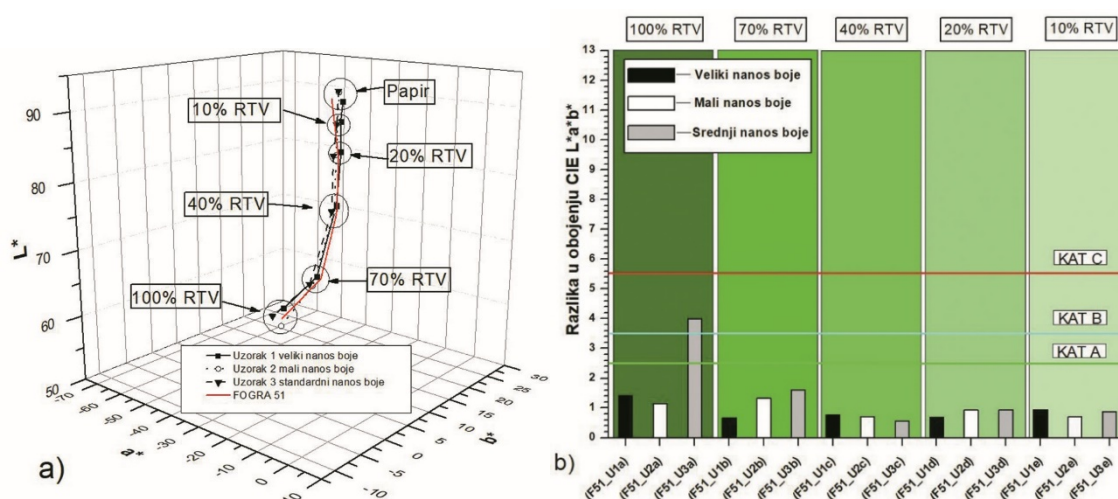
U polju od 20% RTV-a možemo primjetiti linearni pad rezultata, dok u srednjim tonskim vrijednostima od 40% zamjećujemo mali linearni rast rezultata. To ukazuje da porastom pokrivenosti raste i utjecaj količine nanosa bojila. U našem slučaju veliki nanos boje je najoptimalniji izbor i ima najmanju devijaciju primjenom žutog i magentnog Inkjet bojila. Pritom ona iznosi: $\Delta E_{\text{VELIKI}_{20\%}} = 0,38$; $\Delta E_{\text{VELIKI}_{100\%}} = 0,76$.



Slika 40. Uvećani prikaz od 167 puta mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa žutog i magentnog Inkjet bojila

Unutar rastera nastalog reprodukcijom sekundarnih tonova, može se uočiti podosta tragova ostalih spotnih boja (cijan). Slično kao i kod crnog rastera, primjećujemo klasični stohastički porast rastertonskih elemenata, odnosno povećavanjem pokrivenosti površine, ukazuje se puni ton žute i magente boje. No za razliku od crnog rastera, kod malog (ECO) nanosa u rasteru možemo primjetiti tragove crne boje baš iz razloga jer se radi o sekundarnoj boji, tj. rasterskom mješanju boje. Ujedno se i pri punom tonu vizualno može primjetiti najveća razlika između ECO moda i Rich moda gdje je najveća pokrivenost crvenih tonova prikazana upravo kod velikog nanosa žute i magente.

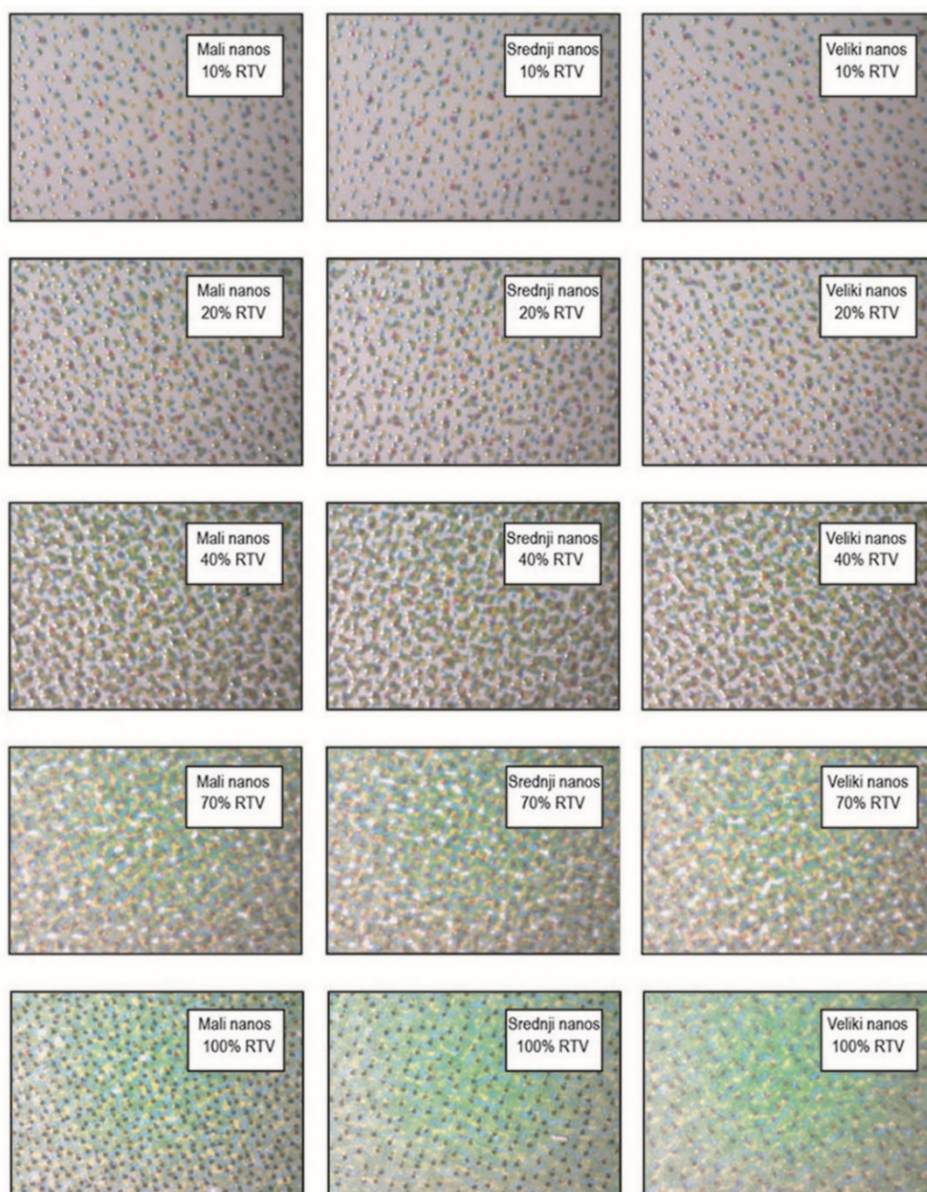
Zelena



Slika 41. Ostvarene kolorne promjene Zelenog otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Nanosom cijana i žute boje, odnosno zelene spotne boje mjerene u ovom radu, dobivamo slične rezultate kao i kod crvene. Zelene tonovi ukazuju na stabilnost otiska u svim odabirima načina otiskivanja osim kod punog tona gdje dobiveni rezultati prelaze idealnu, tj. stabilnu granicu dobrog otiska. Najveće odstupanje vidljivo je pri punom tonu (100%), točnije pri otiskivanju Standard modom, dok su svi ostali zeleni KM-1 otisci unutar dobrog i kvalitetnog otiska. Primjećujemo da su pri punom tonu odstupanja značajno vidljiva u odnosu na sva ostala mjerena polja.

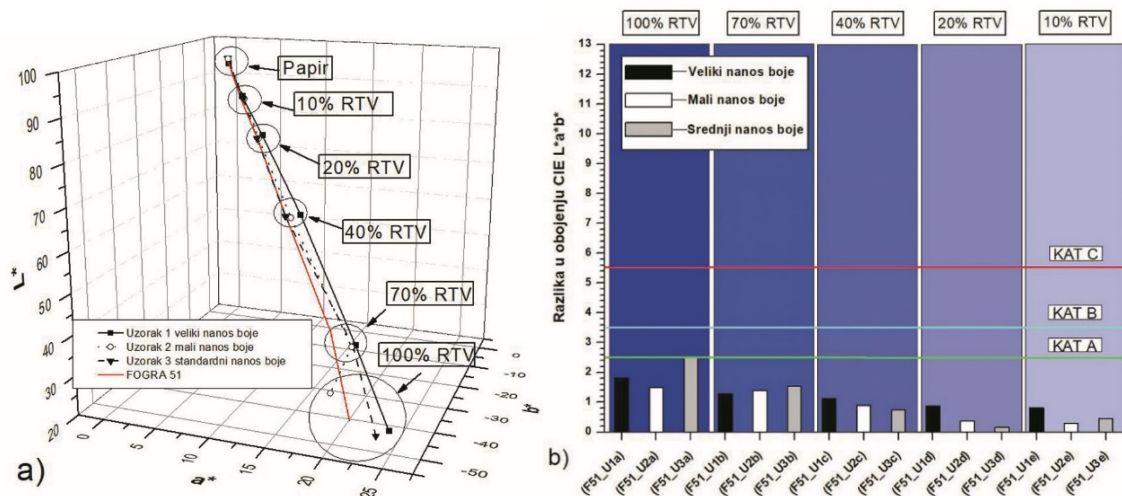
Najveća devijacija zelene izmjerena prilikom otiskivanja je ostvarena sa srednjim nanosom (Standard modom). U punom tonu ona iznosi: $\Delta E_{\text{STAND}_{100\%}} = 4,00$, dok se najmanja devijacija nalazi u srednjem tonu (40% RTV-a), te iznosi: $\Delta E_{\text{STAND}_{40\%}} = 0,55$. Najveća dobivena razlika također je ostvarena pri tisku punog tona (100%) i to između malog (ECO) nanosa i srednjeg (Standard) nanosa bojila, a iznosi: $\Delta E_{\text{MALI}_{\text{STAND}}} = 2,85$. Izuzev Standard moda pri 100% RTV-a, svi ostali odabiri otiskivanja su stabilni i sukladni sa granicom kvalitetnog otiska. Za realizaciju većih zelenih površina (70% i 100%) optimalna postavka je ostvarena sa malim nanosom žute i cijan boje (ECO mod) $\Delta E_{\text{F51}_{\text{U2a}}} = 1,15$ kao i velikim nanosom boje (Rich mod) $\Delta E_{\text{F51}_{\text{U1a}}} = 1,40$; dok se standardnim modom ostvaruju veće kolorne razlike $\Delta E_{\text{F51}_{\text{U3a}}} = 4,00$. Ostala mjerena područja (10% RTV, 20% RTV, 40% RTV i 70% RTV-a) ne doživljavaju značajnu kolornu promjenu, te različiti odabir metode otiskivanja ne daje značajne kolorne promjene (veliki nanos boje, $\Delta E_{\text{VELIKI}_{\text{SRED}}} = 0,89$; mali nanos boje, $\Delta E_{\text{MALI}_{\text{SRED}}} = 0,91$; srednji nanos boje, $\Delta E_{\text{STAND}_{\text{SRED}}} = 0,98$).



Slika 42. Uvećani prikaz od 167 puta mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa žutog i cijan inkjet bojila

Promatranjem otisnutih rastera primjećujemo tragove ostalih spotnih boja kao što su žuta, magenta i cijan. Povećanjem rastertonske vrijednosti one lagano blijede i zelena boja dolazi do punijeg izražaja tona. No za razliku od crvenog tona, vidljivo je da se pri punom tonu (100% RTV-a) tragovi žute, magente i cijana jasnije vide pri odabiru malog (ECO) nanosa bojila u kojem se i vizualno najviše ističu. Najveća razlika vidljiva je između malog (ECO) nanosa bojila i velikog (Rich) nanosa bojila gdje također možemo primjetiti tragove ostalih boja (magenta i cijan).

Plava



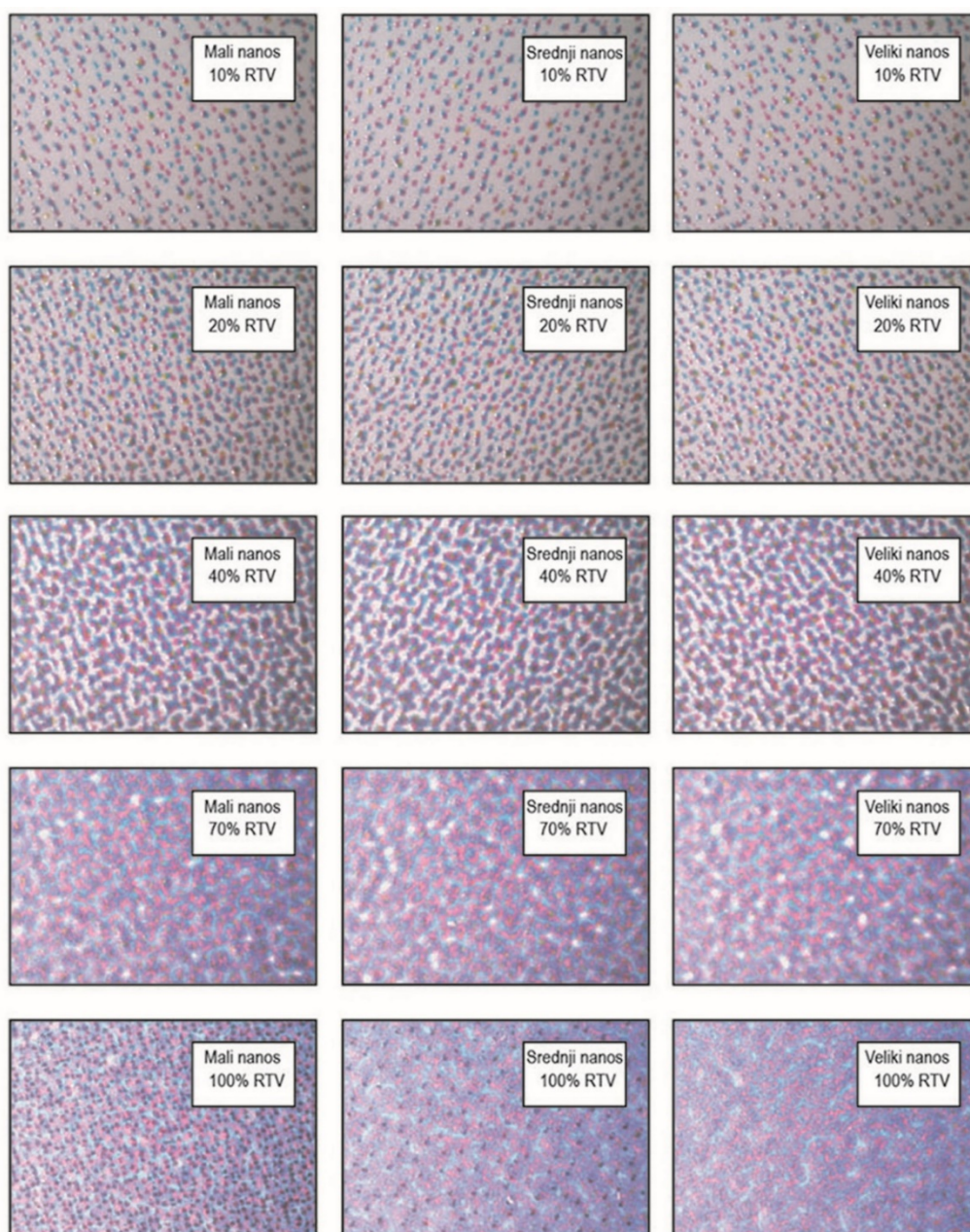
Slika 43. Ostvarene kolorne promjene Plavog otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Varijacijom nanosa KM-1 cijan i magente Inkjet bojila primjećuje se lagano odstupanje plavih tonova u odnosu na referentnu FOGRU 51. To je slično kao kod cijan otiska. Rezultati ukazuju da povećanjem pokrivenosti plavih površina raste i razlika u obojenju. Ona iznosi: $\Delta E_{\text{SRED}_10\%} = 0,52$ i $\Delta E_{\text{SRED}_100\%} = 1,93$. Svi dobiveni rezultati nalaze se unutar granice stabilnog plavog otiska, dok je pri punom tonu, odabirom Standard moda rezultat točno na samoj granici kvalitetnog otiska.

Za realizaciju većih plavih površina (70% i 100%) optimalna postavka je ostvarena sa ECO modom (mali nanos boje) $\Delta E_{\text{F51}_U2a+\text{F51}_U2b} = 1,43$ kao i velikim nanosom boje (Rich mod) $\Delta E_{\text{F51}_U1a+\text{F51}_U1b} = 1,54$. Standardnim modom ostvaruju se malo veće kolorne razlike $\Delta E_{\text{F51}_U3a+\text{F51}_U3b} = 4,03$. Primjećujemo da su pri punom tonu odstupanja značajno vidljiva u odnosu na sva ostala mjerena polja. Najveća devijacija izmjerena prilikom otiskivanja je srednjim nanosom boje (Standard modom) u punom tonu, a ona iznosi: $\Delta E_{\text{STAND}_100\%} = 2,50$ dok se najmanja devijacija nalazi u malim tonskim vrijednostima (20% RTV-a). Ta devijacija iznosi: $\Delta E_{\text{STAND}_20\%} = 0,16$.

To je ujedno i najveća kolorna razlika izmjerena pri nanosu cijan i magenta Inkjet bojila, a iznosi: $\Delta E_{\text{STAND}_100\%} - \Delta E_{\text{STAND}_20\%} = 2,34$.

Promatranjem plavih mjerenih polja (izuzev punog tona), najoptimalniji odabir za otiskivanje bio bi u Rich modu, te on ima najmanje odstupanje u odnosu na ostale modove tiska (ECO i Standard).

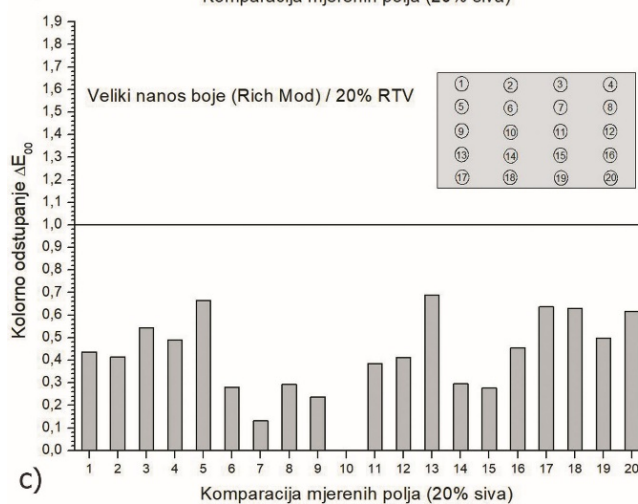
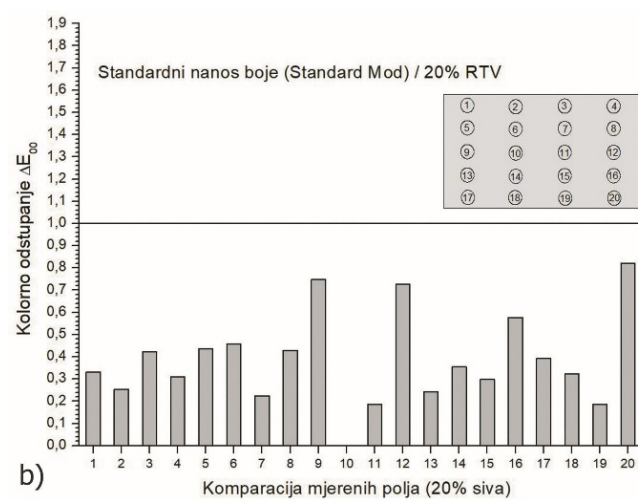
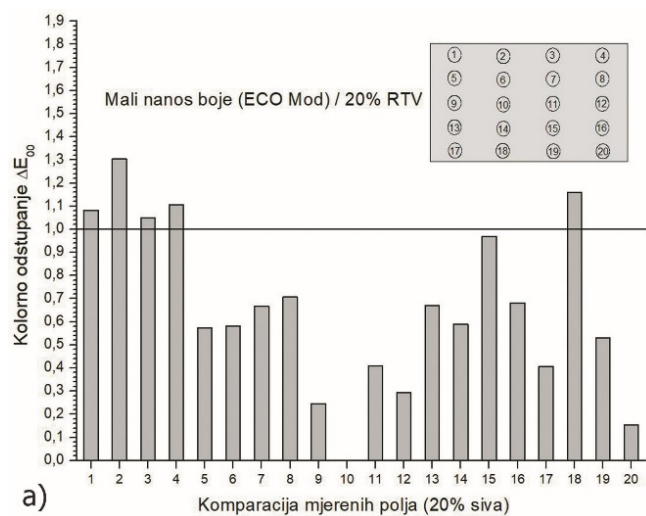


Slika 44. Uvećani prikaz od 167 puta mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa cijan i magenta Inkjet bojila

Promatranjem pojedinačno magenta i cijan nanosa KM-1 Inkjet bojila, uočavaju se tragovi ostalih procesnih boja (crna i magenta). Povećavanjem rastertonske vrijednosti, rasterski elementi su sve rijeđi i dolazi do većeg izražavanja plave boje. Pri malom nanosu boje, punog tona (100% RTV) puno su više izraženiji tragovi ostalih boja, nego kod velikog nanosa gdje magenta i cijan dolazi do punijeg tona. Kod velikog nanosa boje, možemo primijetiti stohastički rast rastertonskih elemenata, odnosno povećanjem rastertonske vrijednosti, raste i pokrivenost same površine.

4.2. Rezultati sivog balansa

Osim promjena u primarnim bojama (puni ton) i 10%, 20%, 40%, 70%; devijacije nastaju i u tercijalnim tonovima. Metoda za analizu cjelokupne kolorne reprodukcije tako se bazira na određivanju sivog balansa otisnutog ujednačenim nanosom sa 3 procesne boje. Pritom se mjere kolorna odstupanja veće akromatske površine (155 x 185 mm) realiziranje s površinskom pokrivenošću od 20%, 40% i 65%. Na slici 45., 46. i 47. prikazane su devijacije odstupanja homogenih sivih polja (20 mjernih pozicija) ostvarenih metodom otiskivanja malog, srednjeg i velikog nanosa.



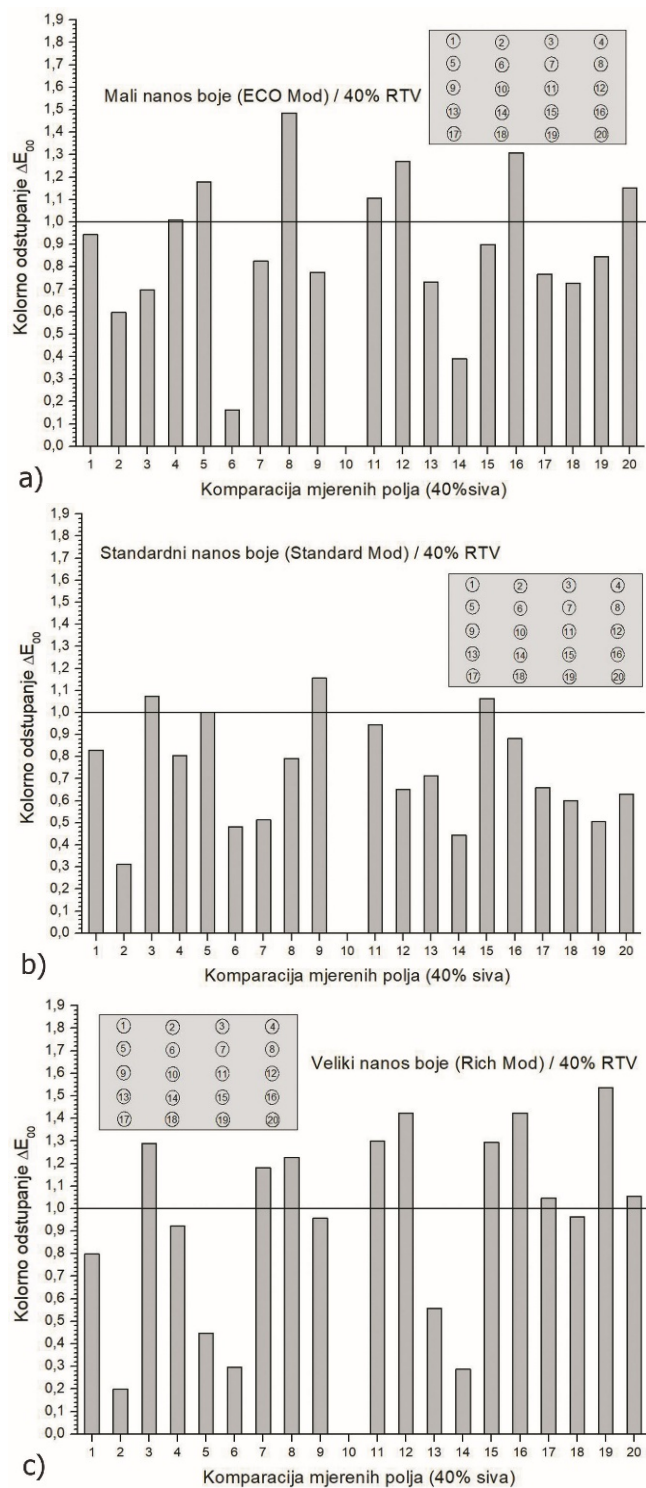
Slika 45.

Ostvarena odstupanja 20% homogenog sivog polja nastala varijacijom nanosa KM-1 CMY Inkjet bojila: a) Mali nanos boje (ECO); b) Srednji nanos boje (Standard); c) Veliki nanos boje (RICH)

Kod KM-1 otiska nastalog s malim nanosom Inkjet boje zamjećeno je 5 područja koja imaju odstupanje praga vidljivosti ($\Delta E < 1$), dok su ostala mjerna područja zadovoljavajuća. Kritična su područja zone početka tiska koje pritom ostvaruju devijaciju (pozicija 1, 2, 3 i 4). U odnosu na referentnu točku 10 (centralna pozicija mjernih polja) kolorne devijacije sivog polja ne prelaze vidljivu granicu 1 (ljudsko oko ne može vidjeti). Spektrofotometrijskom analizom možemo uočiti karakteristične 3 pozicije (9, 12 i 20) čije odstupanje iznosi: $\Delta E_9 = 0,24$, $\Delta E_{12} = 0,29$, te $\Delta E_{20} = 0,15$.

Otisak sa najvećom količinom distribuiranog bojila ostvaruje najbolji balans, te u njemu ne postoje veća kolorna odstupanja. Devijacijom se najviše ističu pozicija 20 (minimalna razlika) i pozicija 15 (maksimalna razlika) one pritom iznose: $\Delta E_{20-15} = 0,81$. Pri otisku nastalog srednjim nanosom boje, niti jedna pozicija ne prelazi granicu od ($\Delta E < 1$), odnosno sva mjerena polja su zadovoljavajuća i stabilna, te su u skladu sa propisanim standardom. U odnosu na sve ostale mjerne pozicije, ipak se pozicije 9, 12 i 20 razlikuju od drugih, tj. imaju malo veće odstupanje promatrajući sva izmjerena polja. Ona iznose: $\Delta E_9 = 0,74$, $\Delta E_{12} = 0,72$, te $\Delta E_{20} = 0,82$. Upravo ove 3 pozicije nalaze se pri rubovima mjenog klina sivog balansa. U odnosu na referentnu točku 10 sve izmjerene devijacije ne prelaze granicu od ($\Delta E < 1$), te je putem analize utvrđeno da se odstupanje triju točaka ističu od drugih i iznose: $\Delta E_7 = 0,22$, $\Delta E_{11} = 0,18$ i $\Delta E_{19} = 0,18$. Zanimljivo je da se ove 3 pozicije nalaze jedna ispod druge, odnosno u istom stupcu izmjenog sivog balansa. Najveća devijacija je između pozicija 11 i 20; $\Delta E_{20-11} = 0,64$.

Što se tiče otiska nastalog velikim nanosom boje (Rich mod), izmjerene pozicije također kao i kod srednjeg nanosa ne prelaze granicu ($\Delta E < 1$), te se nalaze unutar stabilnog otiska. Promatrajući sve mjerene pozicije, može se primijetiti da pozicije 7, 9 i 15 ipak odstupaju od drugih, te su im iznosi: $\Delta E_7 = 0,13$, $\Delta E_9 = 0,23$ i $\Delta E_{15} = 0,27$. Dok sa druge strane, najveće izmjerene iznose u velikom nanosu boje imaju pozicije 5, 13 i 17: $\Delta E_5 = 0,66$, $\Delta E_{13} = 0,68$ i $\Delta E_{17} = 0,63$. Najveća devijacija nalazi se između polja 7 i 13; $\Delta E_{7-13} = 0,55$. Promatranjem otiska od 20% RTV-a, najbolji i najoptimalniji izbor za otiskivanje između 3 navedena moda, bio bi otisak sa velikim nanosom boje zbog najmanje izmjerene devijacije, te se kao takav pokazuje kao najbolji odabir.

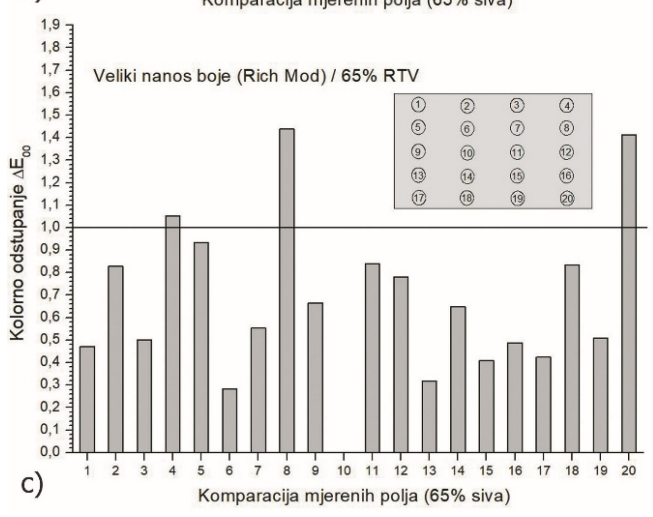
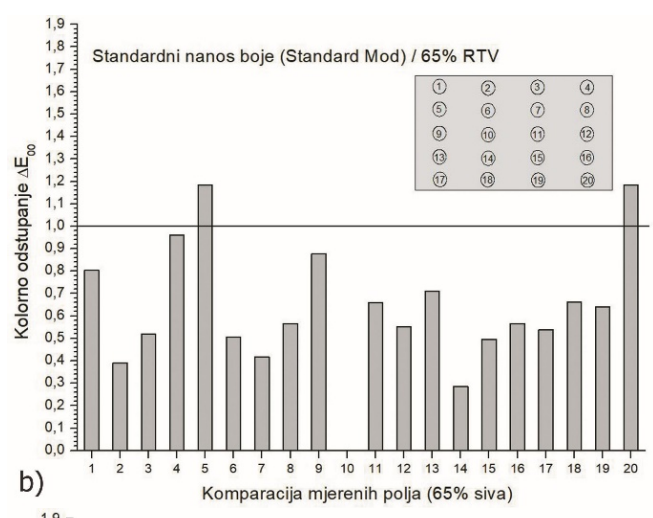
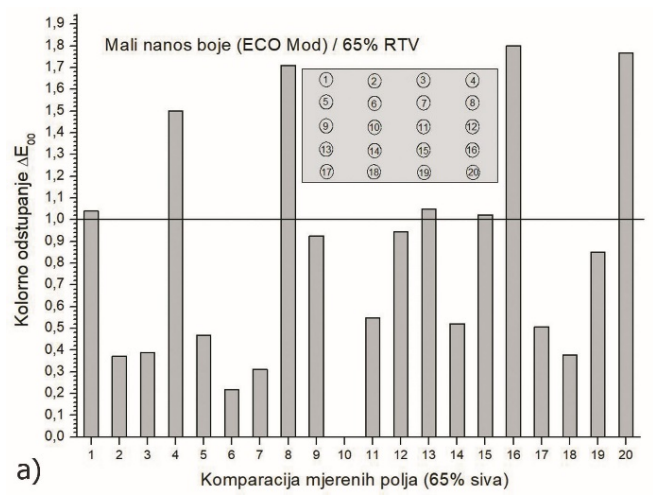


Slika 46.

Ostvarena odstupanja 40% homogenog sivog polja nastala varijacijom nanosa CMY Inkjet bojila: a) Mali nanos boje (ECO); b) Standardni nanos boje; c) Veliki nanos boje (RICH)

Na otisku nastalim sa malim nanosom boje u području mjerenja od 40% rastertonske vrijednosti uočeno je da 7 pozicija nalazi iznad granice od ($\Delta E < 1$), te su ostala mjerna područja zadovoljavajuća. Većina spomenutih kritičnih pozicija (4, 5, 8, 12, 16 i 20) nalaze se uz rub mjerenog sivog balansa, te kao takva daju najveća odstupanja: $\Delta E_4 = 1,01$, $\Delta E_5 = 1,17$, $\Delta E_8 = 1,48$, $\Delta E_{12} = 1,26$, $\Delta E_{16} = 1,30$ i $\Delta E_{20} = 1,15$. U odnosu na centralnu referentnu poziciju 10 (0,00) ostala mjerna područja nalaze se unutar stabilne granice i same kolorne devijacije sivog polja je nemoguće primijetiti ljudskom oku. S druge strane, samom analizom provedenom u Origin 8.5, mogu se izdvojiti pozicije 6 i 14 kojima je iznos: $\Delta E_6 = 0,16$, $\Delta E_{14} = 0,39$. Najveća izmjerena razlika nalazi se između pozicija 6 i 8, a iznosi: $\Delta E_{6-8} = 1,32$, što je i veće od same granice stabilnog otiska.

Promatrajući proizvod otisnut srednjim nanosom KM-1 Inkjet boje, uočen je manji broj kritičnih pozicija koje se nalaze iznad granice u odnosu na otisak nanosen malim nanosom boje. To su pozicije 3, 9 i 15, te iznose: $\Delta E_3 = 1,07$, $\Delta E_9 = 1,15$ i $\Delta E_{15} = 1,06$. Otisak sa najvećom količinom distribuiranog bojila ostvaruje najbolji balans, te u njemu ne postoje veća kolorna odstupanja. Ostala mjerna područja nalaze se unutar granice i potpuno su zadovoljavajuća i stabilna. Kada bi morali izdvojiti neke od njih, bile bi to pozicije 2, 6 i 14 koje imaju najmanji izmjereni iznos: $\Delta E_2 = 0,31$, $\Delta E_6 = 0,48$, $\Delta E_{14} = 0,44$. Spomenute pozicije mjernog polja nalaze se u istom stupcu mjerenja što daje naznaku da taj dio mjernog sivog balansa daje najbolje rezultate. Najveća izmjerena razlika nalazi se između pozicija 2 i 9: $\Delta E_{2-9} = 0,84$. Najveća odstupanja i broj kritičnih pozicija (gotovo pola u području od 40% RTV-a) zamijećeno je pri otisku nanosenom velikim nanosom boje (Rich mod). Pozicije 3, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 17, 19 i 20 odstupaju i nalaze se van granice stabilnog otiskivanja. Ti iznosi su: $\Delta E_3 = 1,28$, $\Delta E_7 = 1,18$ i $\Delta E_8 = 1,22$, $\Delta E_{11} = 1,30$, $\Delta E_{12} = 1,42$, $\Delta E_{15} = 1,29$, $\Delta E_{16} = 1,42$, $\Delta E_{17} = 1,04$, $\Delta E_{19} = 1,53$ i $\Delta E_{20} = 1,05$. Dakle, polovica mjerenih pozicija nisu optimalna kao izbor za otiskivanje. Spektrofotometrijskom analizom možemo uočiti karakteristične 3 pozicije (2, 6 i 14) čiji su iznosi: $\Delta E_2 = 0,20$, $\Delta E_6 = 0,29$, $\Delta E_{14} = 0,28$. Zanimljivo je da su najbolje pozicije odnosno sa najoptimalnijim rezultatima iste kao i kod srednjeg nanosa boje, a to su upravo pozicije 2, 6 i 14. Najveća izmjerena razlika nalazi se među pozicijama 2 i 19 koja iznosi: $\Delta E_{2-19} = 1,33$.



Slika 47.
 Ostvarena odstupanja 65% homogenog sivog polja nastala varijacijom nanosa CMY
 Inkjet bojila: a) Mali nanos boje (ECO); b) Standardni nanos boje; c) Veliki nanos boje
 (RICH)

Promatrajući otisak nastao malim nanosom KM-1 bojila (ECO mod), uočeno je 7 pozicija (1, 4, 8, 13, 15, 16 i 20) koje se nalaze izvan granice stabilnog otiska obilježen brojkom 1. Iznosi tih pozicija su: $\Delta E_1 = 1,03$, $\Delta E_4 = 1,49$ i $\Delta E_8 = 1,70$, $\Delta E_{13} = 1,04$, $\Delta E_{15} = 1,02$, $\Delta E_{16} = 1,79$, $\Delta E_{20} = 1,76$. Skoro sve od navedenih kritičnih pozicija koje prelaze dozvoljenu granicu se nalaze pri rubnim mjernim područjima promatranog sivog balansa, što ukazuje na nestabilnost samog otiska u rubnim područjima. Kao najbolje otinsute pozicije ističu se mjerna područja 2, 6 i 7 čije se kolorne devijacije nalaze unutar stabilnog otiska: $\Delta E_2 = 0,37$, $\Delta E_6 = 0,21$ i $\Delta E_7 = 0,31$. Najveća razlika među mjerenim pozicijama nalazi se između pozicija 6 i 16 čiji je iznos: $\Delta E_{6-16} = 1,58$.

Kod otiska od 65% rastertonske vrijednosti nastalog srednjim nanosom boje (Standard mod) samo 2 pozicije prelaze dopuštenu granicu označenu vrijednošću 1. To su pozicije 5 i 20 koje su izmjerene pri rubnom području navedenog sivog otiska. Pozicije 5 i 20 imaju iznose od: $\Delta E_5 = 1,18$, $\Delta E_{20} = 1,18$. Ostatak mjernih područja relativno je istih vrijednosti što ukazuje na veću stabilnost otiska pri procesu tiska nego kod prijašnjeg ECO moda.

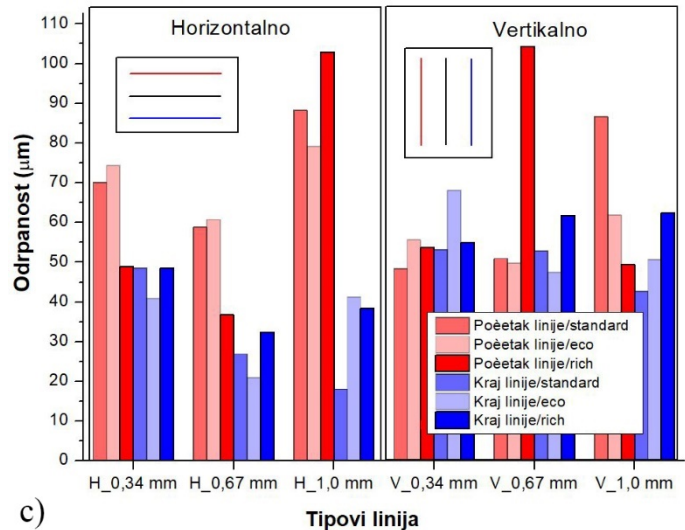
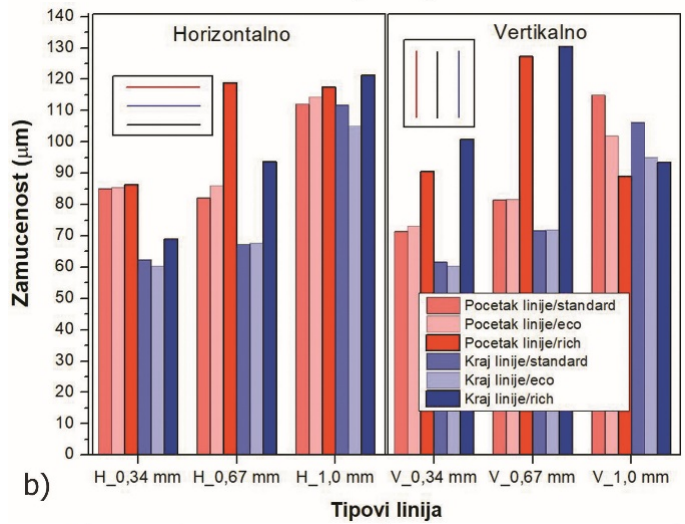
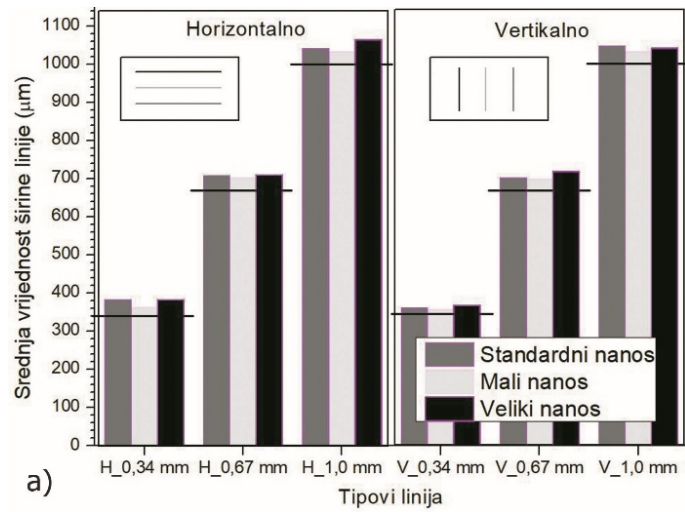
Karakteristične su 2 pozicije koje se ipak ističu rezultatima od drugih, a to su mjerna područja 2 i 14 koje se nalaze u istom stupcu mjernog sivog otiska. Njihovi iznosi su: $\Delta E_2 = 0,39$, $\Delta E_{14} = 0,28$. Najveća izmjerena devijacija je između polja 14 i 20 koja iznosi $\Delta E_{14-20} = 0,90$.

Otisak nanesen velikim nanosom boje (Rich mod) prikazuje malo veća odstupanja među mjerenim pozicijama u odnosu na srednji nanos gdje se izuzev dviju pozicija koja prelaze granicu dopuštenja ostala mjerna područja ne razlikuju previše. Kod velikog nanosa boje rezultati su ipak malo nestabilniji, ali svejedno bolji uspoređujući ih sa malim nanosom koji je nanese ECO modom. Kao 3 kritične pozicije možemo izdvojiti 4, 8 i 20 koje se nalaze u istom stupcu promatrajući mjereni sivi otisak, a ujedno su i mjerena u rubnim područjima. Njihovi iznosi su: $\Delta E_4 = 1,05$, $\Delta E_8 = 1,43$ i $\Delta E_{12} = 1,41$. S druge strane, najbolje izmjerene pozicije nalaze se na područjima 6 i 13 čiji su iznosi najbliži referentnom centralnom otisku 10 (0,00), te iznose: $\Delta E_6 = 0,28$, $\Delta E_{13} = 0,31$. Najveća razlika izmjerena među pozicijama nalazi se između pozicije 6 i 8 koje se zanimljivo nalaze ne predaleko jedna od druge u istom redku mjerenog sivog otiska, $\Delta E_{6-8} = 1,15$.

Kao najbolji odabir otiskivanja 65% rastertonske vrijednosti ističe se otisak nanesen srednjim nanosom (Standard mod) koji ima najmanju izmjerenu devijaciju među promatranim modovima.

4.3. Analiza reprodukcije linija

Osim kolornih višetonskih ilustracija tiskani grafički proizvodi mogu sadržavati i jednostonske ilustracije i tekst. Pritom je važno ostvariti točnu reprodukciju linija sivih elemenata. U standardu ISO 15311 definirane su granice odstupanja širine linije 1 mm. Pritom se dodatno ispituje zamućenost (Blurriness) linije i odrpanost (Regardness) linije. Na slici 48. prikazane su devijacije horizontalnih i vertikalnih linija debljine 0,34 mm, 0,67 mm, i 1 mm otisnutih u 3 moda.



Slika 48. Rezultati otisnutih crnih horizontalnih i vertikalnih linija nastalih varijacijom velikog, standardnog i malog nanosa Inkjet KM-1 bojila: a) debljina linije; b) zamućenost linije; c) odrpanost linije

Kod najtanje horizontalne linije otisnute s 3 Inkjet moda uočena su povećanja u odnosu na original i one iznose: $\Delta d_{\text{STAND}} = 42 \mu\text{m}$, $\Delta d_{\text{VELIKI}} = 41 \mu\text{m}$, $\Delta d_{\text{MALI}} = 22 \mu\text{m}$. To znači da promjenom velikog nanosa i malog nanosa nastaje odstupanje od: $\Delta d_{\text{VELIKI-MALI}} = 19 \mu\text{m}$. Promjenom smjera tiska (vertikalna linija) razlika se smanjuje te iznosi: $\Delta d_{\text{STAND}} = 21 \mu\text{m}$, $\Delta d_{\text{VELIKI}} = 27 \mu\text{m}$, $\Delta d_{\text{MALI}} = 17 \mu\text{m}$ i pritom je najveća izmjerena devijacija $\Delta d_{\text{VELIKI-MALI}} = 10 \mu\text{m}$.

U radu druga ispitana linija (srednja linija) idealno iznosi 0,67 mm. Promjenom postavke tiskarskog stroja KM-1 ostvaruje se povećanje te linije i kod horizontalnog i kod vertikalnog smjera. Pritom nastaju sljedeće devijacije: horizontalni smjer ($\Delta d_{\text{STAND}} = 38 \mu\text{m}$, $\Delta d_{\text{VELIKI}} = 40 \mu\text{m}$, $\Delta d_{\text{MALI}} = 32 \mu\text{m}$), vertikalni smjer ($\Delta d_{\text{STAND}} = 32 \mu\text{m}$, $\Delta d_{\text{VELIKI}} = 47 \mu\text{m}$, $\Delta d_{\text{MALI}} = 28 \mu\text{m}$). Direktnom promjenom načina otiskivanja ostvarena je devijacija između linija $\Delta d_{\text{VELIKI-MALI}} = 6 \mu\text{m}$ (horizontalni smjer), te $\Delta d_{\text{VELIKI-MALI}} = 19 \mu\text{m}$ (vertikalni smjer).

Kod najdeblje analizirane linije (1 mm) također je zamijećeno pozitivno povećanje. U horizontalnom smjeru ona iznosi: $\Delta d_{\text{STAND}} = 41 \mu\text{m}$, $\Delta d_{\text{VELIKI}} = 64 \mu\text{m}$, $\Delta d_{\text{MALI}} = 32 \mu\text{m}$, dok u vertikalnom smjeru iznose: $\Delta d_{\text{STAND}} = 46 \mu\text{m}$, $\Delta d_{\text{VELIKI}} = 41 \mu\text{m}$, $\Delta d_{\text{MALI}} = 33 \mu\text{m}$. Najveće izmjerene devijacije prikazuju se između velikog i malog nanosa $\Delta d_{\text{VELIKI-MALI}} = 32 \mu\text{m}$ (horizontalni smjer), odnosno između srednjeg i malog nanosa $\Delta d_{\text{STAND-MALI}} = 13 \mu\text{m}$ (vertikalni smjer).

Prilikom određivanja zamućenosti (Blurrness) linije analizirane su također iste 3 linije u oba smjera, (horizontalno i vertikalno), s time da se mjerenje linija bazira na vrednovanju početka linije i kraja linije. Debljina linija identična je kao i kod mjerenja srednje vrijednosti širine linije; 0,34 mm, 0,67 mm i 1 mm otisnutih u 3 moda. Kod mjerenja početka najtanje horizontalne linije uočena su povećanja koja u odnosu na original iznose: $\Delta B_{\text{STAND}} = 850 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{MALI}} = 850 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{VELIKI}} = 860 \mu\text{m}$. Samim time može se zaključiti da promjenom velikog odnosno srednjeg nanosa Inkjet bojila nastaje zamućenost od $\Delta B_{\text{STAND-VELIKI}} = 10 \mu\text{m}$. S druge strane vrijednosti iz mjerenja zamućenosti kraja horizontalne najtanje linije ipak su nešto bliže vrijednostima originala, a iznose: $\Delta B_{\text{STAND}} = 620 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{MALI}} = 600 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{VELIKI}} = 680 \mu\text{m}$, dok se najveća promjena zamućenosti bilježi između srednjeg i velikog nanosa: $\Delta B_{\text{STAND-VELIKI}} = 80 \mu\text{m}$.

Promjenom smjera tiska linije (vertikalna linija) razlika se pri određivanju početka zamućenosti linije povećava te iznosi: $\Delta B_{\text{STAND}} = 710 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{MALI}} = 730 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{VELIKI}} = 900 \mu\text{m}$. Tako je najveća devijacija izmjerena između srednjeg i velikog nanosa $\Delta B_{\text{STAND-VELIKI}} = 190 \mu\text{m}$.

Isti slučaj je i kod mjerenja stražnjeg kraja linije, te su njihovi iznosi: $\Delta B_{\text{STAND}} = 610 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{MALI}} = 600 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{VELIKI}} = 1000 \mu\text{m}$, a najveća razlika između malog i velikog nanosa Inkjet bojila iznosi $\Delta B_{\text{MALI-VELIKI}} = 400 \mu\text{m}$. Druga ispitana linija u radu idealno iznosi $670 \mu\text{m}$. Promjenom postave rada KM-1 tiskarskog stroja ostvaruju se povećanja u rezultatima zamućenja i kod horizontalnog i kod vertikalnog smjera. Samim time nastaju sljedeće devijacije: početak zamućenja horizontalne linije ($\Delta B_{\text{STAND}} = 820 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{MALI}} = 860 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{VELIKI}} = 1180 \mu\text{m}$). Dok je zamućenje kraja zamućenja horizontalne linije ($\Delta B_{\text{STAND}} = 670 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{MALI}} = 670 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{VELIKI}} = 930 \mu\text{m}$). Vertikalna linija je bolje otisnuta i njene vrijednosti su: početak vertikalne linije ($\Delta B_{\text{STAND}} = 810 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{MALI}} = 810 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{VELIKI}} = 1270 \mu\text{m}$). Dok je zamućenje kraja vertikalne linije ($\Delta B_{\text{STAND}} = 710 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{MALI}} = 710 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{VELIKI}} = 1300 \mu\text{m}$). Promjenom načina otiskivanja ostvarena je razlika između početka linija $\Delta B_{\text{STAND-VELIKI}} = 360 \mu\text{m}$ i kraja linija $\Delta B_{\text{STAND-VELIKI}} = 260 \mu\text{m}$ u horizontalnom smjeru, te razlika između zamućenja početka linije $\Delta B_{\text{STAND-VELIKI}} = 460 \mu\text{m}$ i kraja linije $\Delta B_{\text{STAND-VELIKI}} = 590 \mu\text{m}$ u vertikalnom smjeru.

Kod najdeblje analizirane linije od $1000 \mu\text{m}$, također je zamijećeno povećanje zamućenja u odnosu na original. U horizontalnom smjeru zamućenje iznose: početak linije $\Delta B_{\text{STAND}} = 1120 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{MALI}} = 1140 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{VELIKI}} = 1170 \mu\text{m}$, te kraj zamućenja linije $\Delta B_{\text{STAND}} = 1110 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{MALI}} = 1050 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{VELIKI}} = 1210 \mu\text{m}$, a u vertikalnom smjeru iznose: početak linije $\Delta B_{\text{STAND}} = 1140 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{MALI}} = 1010 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{VELIKI}} = 890 \mu\text{m}$ i kraj linije $\Delta B_{\text{STAND}} = 1060 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{MALI}} = 940 \mu\text{m}$, $\Delta B_{\text{VELIKI}} = 930 \mu\text{m}$.

Direktnom promjenom načina otiskivanja primijećene su devijacije između početka horizontalnih linija $\Delta B_{\text{STAND-VELIKI}} = 50 \mu\text{m}$, te kraja horizontalnih linija $\Delta B_{\text{MALI-VELIKI}} = 100 \mu\text{m}$. Razlika zamućenja na početku mjerenja vertikalnih linija iznosi $\Delta B_{\text{STAND-VELIKI}} = 250 \mu\text{m}$, te kraja vertikalnih linija iznosi $\Delta B_{\text{STAND-VELIKI}} = 130 \mu\text{m}$.

Osim širine linije i zamućenosti linije u radu je analizirana i odrpanost linije (Raggedness).

Ona se također mjeri na početku linije i na kraju linije u horizontalnom odnosno vertikalnom smjeru. Širina testnih linija ista je kao i kod prethodnih analiza, a to su 0,34 mm, 0,67 mm, te 1 mm otisnuta u 3 moda (Rich, ECO, Standard).

Prilikom mjerenja odrpanosti početka najtanje horizontalne linije ($340 \mu\text{m}$) uočena su povećanja vrijednosti koja u odnosu na original iznose: $\Delta R_{\text{STAND}} = 700 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{VELIKI}} = 480 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{MALI}} = 740 \mu\text{m}$. Tokom mjerenja odrpanosti kraja horizontalne linije povećanja također nastaju: $\Delta R_{\text{STAND}} = 480 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{VELIKI}} = 480 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{MALI}} = 400 \mu\text{m}$. Možemo zaključiti da promjenom načina otiskivanja, tj. promjenom malog i velikog nanosa bojila nastaje odpanost: $\Delta R_{\text{MALI-VELIKI}} = 220 \mu\text{m}$ pri početku linije i $\Delta R_{\text{MALI-VELIKI}} = 80 \mu\text{m}$ na kraju linije gdje su rezultati odrpanosti ipak bliže samom originalnom otisku. Promjenom smjera tiska (vertikalni) kod određivanja početka linije vrijednosti odrpanosti se smanjuju i iznose: $\Delta R_{\text{STAND}} = 480 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{VELIKI}} = 530 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{MALI}} = 550 \mu\text{m}$, dok se kod određivanja kraja linije ipak se odrpanost povećava naspram horizontalnog smjera, a odrpanost iznosi: $\Delta R_{\text{STAND}} = 530 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{VELIKI}} = 540 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{MALI}} = 680 \mu\text{m}$.

Sljedeća ispitana linija (srednje debljine) idealno iznosi $670 \mu\text{m}$, te se mjenjanjem postavke tiskarskog stroja KM-1 ostvaruju veće devijacije odrpanosti i kod horizontalnog i kod vertikalnog smjera. Pritom nastaju sljedeće devijacije odrpanosti: kod početka horizontalne linije ($\Delta R_{\text{STAND}} = 580 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{VELIKI}} = 360 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{MALI}} = 600 \mu\text{m}$), kod kraja horizontalne linije ($\Delta R_{\text{STAND}} = 260 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{VELIKI}} = 320 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{MALI}} = 210 \mu\text{m}$), tj. kod početka vertikalne linije ($\Delta R_{\text{STAND}} = 500 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{VELIKI}} = 1040 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{MALI}} = 490 \mu\text{m}$), kod kraja vertikalne linije ($\Delta R_{\text{STAND}} = 520 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{VELIKI}} = 610 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{MALI}} = 470 \mu\text{m}$). Najveća devijacije odrpanosti primijećuje se kod direktne promjene otiskivanja malog i velikog nanosa bojila (kod početka horizontalne linije $\Delta R_{\text{MALI-VELIKI}} = 220 \mu\text{m}$, odnosno velikog i malog nanosa kraja horizontalne linije $\Delta R_{\text{MALI-VELIKI}} = 110 \mu\text{m}$). Dok se kod vertikalnog smjera najveće devijacije primijećuju malog i velikog nanosa bojila kod početka linije $\Delta R_{\text{MALI-VELIKI}} = 540 \mu\text{m}$ te također devijacije između malog i velikog nanosa pri kraju linije $\Delta R_{\text{MALI-VELIKI}} = 140 \mu\text{m}$.

Kod najdeblje analizirane linije (od 1 mm), primijećene su najveće devijacije odrpanosti između početka i kraja linije. U horizontalnom smjeru one iznose: početak linije $\Delta R_{\text{STAND}} = 880 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{MALI}} = 790 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{VELIKI}} = 1020 \mu\text{m}$, te kraj linije $\Delta R_{\text{STAND}} = 180 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{MALI}} = 410 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{VELIKI}} = 380 \mu\text{m}$, a u vertikalnom smjeru iznose: početak linije $\Delta R_{\text{STAND}} = 860 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{MALI}} = 610 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{VELIKI}} = 490 \mu\text{m}$ i kraj linije $\Delta R_{\text{STAND}} = 420 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{MALI}} = 500 \mu\text{m}$, $\Delta R_{\text{VELIKI}} = 620 \mu\text{m}$.

Direktnom promjenom načina otiskivanja primijećene su devijacije odrpanosti između početka horizontalnih linija ($\Delta R_{\text{STAND-VELIKI}} = 140 \mu\text{m}$), te kraja horizontalnih linija ($\Delta R_{\text{MALI-STAND}} = 230 \mu\text{m}$) i početka mjerenja vertikalnih linija $\Delta R_{\text{STAND-VELIKI}} = 370 \mu\text{m}$, te kraja vertikalnih linija $\Delta R_{\text{STAND-VELIKI}} = 200 \mu\text{m}$.

5. ZAKLJUČAK

Na temelju izvršenog eksperimenta i analize napravljene putem dobivenih vrijednosti u radu, dolazimo do zaključka da se pri promatranju CMY procesnih boja najveća devijacije pojavljuje kod žutog bojila ($\Delta E_{\text{SRED}} = 0,39$) i ostvarene su primjenom velikog nanosa. Ona se postižu varijacijom postavki sa standardne opcije na visoki nanos boje. Najmanju devijaciju u tonalitetu ostvariti će magentna separacija ($\Delta E_{\text{SRED}} = 0,2$).

Bez obzira na promjenu otiskivanja CMY sadržaja, svi načini otiskivanja (RICH, ECO, STANDARD) pripadaju kategoriji A, odnosno visoko kvalitetnom otisku.

Eksperimentalnom promjenom načina inkjet otiskivanja najveće kolorne promjene (ekstremi) ostvareni su primjenom Rich i ECO moda, te se kod cijan separacije direktnom promjenom načina otiskivanja ostvaruje se prosječna kolorna promjena $\Delta E_{\text{SRED}} = 0,33$ (Rich-ECO).

Nanosom crnog bojila ostvaruju se velike devijacije obojenja koji značajno odstupaju od referentnog otiska ($E_{60\%} > 5.5$). Promatranjem načina otiskivanja, crna boja najveća razlika ostvarena je promjenom između velikog (Rich) i malog (ECO) nanosa bojila ($\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 1,05$).

Najkvalitetniji otisak spotnih boja, te najbolji izbor bio bi RICH mod promatrajući rezultate dobivene analizom spotnih boja direktnom promjenom načina otiskivanja najveća devijacija izmjerena je kod crvenog punog tona. Ona je nastala promjenom sa velikog (Rich) na srednji (Standard) nanos ($\Delta E_{\text{VELIKI-STAND}} = 4,66$), dok je srednja vrijednost dobivena računanjem najveće i najmanje razlike $\Delta E_{\text{SRED}} = 1,15$.

Najveća devijacija kod 20% RTV-a izmjerena je između malog (ECO) i srednjeg (Standard) nanosa ($\Delta E_{\text{MALI-STANDARD}} = 0,27$), kod 40% između velikog i srednjeg nanosa ($\Delta E_{\text{VELIKI-STANDARD}} = 0,21$), te kod najveće rastertonske vrijednosti od 65% između malog i srednjeg nanosa ($\Delta E_{\text{MALI-STANDARD}} = 0,19$). Sve otisnute testne linije (0,34 mm, 0,67 mm, 1,00 mm) su doživjele povećanje dimenzije i pritom je horizontalni smjer (smjer Inkjet modula) više izražen od vertikalnog smjera (smjer kretanja papira). Prosječna varijacija iznosi 200 μm .

Najveće devijacije zamućenosti ostvarene su između velikog (Rich) i malog (ECO) nanosa. Kod srednje debljine (670 μm) ona iznosi: $\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 320 \mu\text{m}$, odnosno kod horizontalnog smjera ($\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 260 \mu\text{m}$). Promjenom smjera u vertikalni, najveće devijacije zamućenosti linije iznose: $\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 460 \mu\text{m}$, a kod kraja linije $\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 590 \mu\text{m}$.

Najveća devijacija odrpanosti linije izmjerena između velikog i malog nanosa. Najtanje mjerene odrpanosti linije (340 μm) i iznosi: $\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 260 \mu\text{m}$, (početak linije) i $\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 230 \mu\text{m}$ (kraj linije). Promjenom smjera linije (vertikalni) najveća razlika odrpanosti je izmjerena kod linije srednje debljine (670 μm). Na početku linije ona iznosi: $\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 550 \mu\text{m}$, a kod kraja linije: $\Delta E_{\text{VELIKI-MALI}} = 140 \mu\text{m}$.

6. LITERATURA I PRILOZI

- [1] Majnarić, I. (2015) Osnove digitalnog tiska. Zagreb, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- [2] Yang, L. (2003.), Ink-paper interaction. A study in Ink-jet color reproduction, Department of Science and Technology Linköping University, Norrköping
- [3] R. D. Carnahan and S. L. Hou, Ink jet, vol. 13, no. 1. 1977.
- [4] Accuriojet-km-1e-brosura-manja-res.pdf
- [5] AccurioJet KM-1 brošura
- [6] Smithers pira white paper: Konica Minolta AccurioJet KM-1 inkjet press
- [7] <https://www.konicaminolta.hr/hr-hr/uredaji/inkjet-uredaji/accuriojet-km-1e-hr>
- [8] <https://www.konicaminolta.com/inkjet/inkjethead/index.html>
- [9] <https://www.emmersonpackaging.com/project-management/smartproof/>
- [10] https://www.dino-lite.eu/en/products/microscopes?gclid=CjwKCAjwq5-WBhB7EiwAl-HEkqw5yP2r6DG5tCUdV1eejHpxVQXbft5TZfkEbaTrjd8Fd1lRgAi0CRoCuvkQAvD_BwE
- [11] <https://www.qea.com/products/image-analysis/pias-ii/>
- [12] ISO 2469, Paper board and pulps-measurement of diffuse reflectance factor, the International Organization for Standardisation, 1994.
- [13] J.S. Arney, A probability description of the Yule-Nielsen effect, I, J. Imaging Sci. Technol. 41 (1997), 633–636.
- [14] W.F. Cheong, S.A. Prahl, and A.J. Welch, A review of the optical properties of biological tissues, IEEE J. Quantum Electro. 26 (1990), 2166–2185.
- [15] P. Emmel and R.D. Hersch, A unified model for color prediction of halftoned prints, J. Imaging Sci. Technol. 44 (2000), 351–359.
- [16] C.F. Baker (ed.), *Handbook of Paper Science*, Pira International, Letherhead, 1997.

[17] F. Micale, Am. Ink Maker (1984).

[18] H.F. Rance (ed.), *Handbook of Paper Science*, Elsevier, Amsterdam, 1982.

POPIS SLIKA

Slika 1. Shematski prikazi rada inkjet strojeva: a) pomicanje ispisne glave u x i y smjer; b) pomicanje ispisne glave u jednom smjeru; c) bez kretanja inkjet ispisne glave.

Slika 2. Shema primjene inkjet-a među tehnikama tiska

Slika 3. Podjela inkjet tehnologije otiskivanja

Slika 4. Princip rada inkjet pisača: a) sistem sa 4 ispisne glave (CMYK otisak); b) princip nastajanja kapljice u piezo inkjet-u

Slika 5. Načini kretanja piezoeletričnog inkjet-a: a) gurajući, b) savijajući i c) smicajući

Slika 6. Sastav i struktura jedne standardne piezo inkjet glave

Slika 7. Shematski prikaz cjelovite mlaznice: a) presjek piezo inkjet glava; b) unutrašnjost mlazne komore

Slika 8. Faze generiranja otiska s UV inkjet bojom (DotFreeze efekt) i standardnim inkjet otiskom na bazi vode: a) kapljice u letu; b) udar kapljica u papir; c) kapljice nakon 9 ns; d) kapljice nakon 20 ns; e) kapljice nakon 30 ns; f) kapljice nakon 40 ns

Slika 9. Rezultati usporedbe DotFreeze inkjet tehnologije i inkjet-a na bazi vode: a) Otisak s DotFreeze efektom; b) Otisak bez DotFreeze efekta

Slika 10. Dijelovi stroja AccurioJet KM-1

Slika 11. Špis ulagača glava za ulaganje papira na tiskarskom stroju AccurioJet KM-1: a) osnovne komponente; b) izgled i pozicija na inkjet tiskarskom stroju; c) proces podizanja papira; d) proces raspuhivanja papira

Slika 12. Ulagači stol i centralne usisne trake

Slika 13. Transporta papira kroz stroj AccurioJet KM-1: a) putanja od predulaganja do izlaganja; b) centralni tiskovni cilindar; c) izlagači stol

Slika 14. Shematski prikaz pozicija upravljanja transportom papira tiskarskog stroja AccurioJet KM-1: a) ulagaća jedinica; b) izlagaća jedinica Izvor: [AccurioJet KM-1, Basic operations-en, Manual]

Slika 15. Pristupne pozicije za operatere koji izvode održavanje stroja AccurioJet KM-1

Slika 16. KM1800iSHC ispisna glava

Slika 17. Distribucija ispisnih glava KM1800iSHC unutar tiskarskog stroja AccurioJet KM-1: a) osnovni modul sa 2 glave; b) distribucija modula po otisnutoj površini; c) shematski prikaz modula unutar jedne linije ispisa

Slika 18. Promjene viskoznosti UV LED inkjet boje HS101C, HS101K, HS101Y, HS101M

Slika 19. Sušenje primijenjeno kod tiskarskog stroja AccurioJet KM-1; a) UV LED modul za sušenje; b) spektralne karakteristike svjetlosnog izvora

Slika 20. Priprema UV LED inkjet boje za otiskivanje; a) originalno pakovanje cijan UV LED boje H101C; b) dotok boje u 4 modula inkjet glave

Slika 21. Jedinica za čišćenje inkjet glava KM1800iSHC; a) osnovni dijelovi; b) shematski prikaz; c) zamjena kontinuirane tkanine za čišćenje

Slika 22. Glavno sušeljje AccurioJet KM-1 stroja: a) osnovne funkcije IJ managera; b) radna površina IJ managera

Slika 23. Alwan Color Hub program za specifikaciju boje

Slika 24. Shematski prikaz postupka izvođenja eksperimenta

Slika 25. Mjerni strip za određivanje kvalitete obojenja (Media Wedge verzije 3.0)

Slika 26. Segment tiskovne forme za analizu horizontalnih i vertikalnih linija

Slika 27. AccurioJet KM-1 UV tiskarski stroj

Slika 28. x-rite eXact Advanced spektrofotometar

Slika 39. Mikroskop Dino lite

Slika 30. Digitalni mikroskop za slikovnu analizu Personal PIAS

Slika 31. Ostvarene kolorne promjene Cijan otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Slika 32. Uvećani prikaz od 167 X mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa Cijan inkjet bojila

Slika 33. Ostvarene kolorne promjene Magenta otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Slika 34. Uvećani prikaz od 167 X mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa magenta inkjet bojila

Slika 35. Ostvarene kolorne promjene Žutog otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Slika 36. Uvećani prikaz od 167 X mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa Žutog inkjet bojila

Slika 37. Ostvarene kolorne promjene Crnog otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Slika 38. Uvećani prikaz od 167 X mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa Crnog inkjet bojila

Slika 39. Ostvarene kolorne promjene Crvenog otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Slika 40. Uvećani prikaz od 167 X mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa Crvenog inkjet bojila

Slika 41. Ostvarene kolorne promjene Zelenog otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Slika 42. Uvećani prikaz od 167 X mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa Zelenog inkjet bojila

Slika 43. Ostvarene kolorne promjene Plavog otiska uslijed varijacije malog, srednjeg i velikog nanosa inkjet bojila : a) 3D prikaz; b) CIE L*a*b* DE kolorne promjene u odnosu FOGRE 51

Slika 44. Uvećani prikaz od 167 X mjerenih polja ostvarene varijacije nanosa Plavog inkjet bojila

Slika 45. Ostvarena odstupanja homogenog sivog polja nastala varijacijom nanosa inkjet bojila: a) Mali nanos boje (ECO); b) Srednji nanos boje (Standard); c) Veliki nanos boje (RICH)

Slika 46. Ostvarena odstupanja homogenog sivog polja nastala varijacijom nanosa inkjet bojila: a) Mali nanos boje (ECO); b) Standardni nanos boje; c) Veliki nanos boje (RICH)

Slika 47. Ostvarena odstupanja homogenog sivog polja nastala varijacijom nanosa inkjet bojila: a) Mali nanos boje (ECO); b) Standardni nanos boje; c) Veliki nanos boje (RICH)

Slika 48. Rezultati otisnutih crnih horizontalnih i vertikalnih linija nastalih varijacijom velikog, standardnog i malog nanosa inkjet bojila: a) Debljina linija; b) Zamućenost linije; c) Odrpanost linije

POPIS TABLICA

Tablica 1. Evaluacija usporednih dobrih otisaka i otisaka naklade

Tablica 2. Kategorizacija dozvoljenog kolornog odstupanja

Tablica 3. Tehničke specifikacije AccurioJet KM-1 stroja

Tablica 4. Tehničke specifikacije x-rite eXact advanced spektrofotometra

Tablica 5. Tehničke specifikacije mikroskopa Dino lite

Tablica 6. Tehničke specifikacije digitalnog mikroskopa Personal PIAS

Tablica 7. Prikaz izračuna kolornih promjena

Tablica 8. Prikaz nijansi sive boje korištene u radu podijeljene u 3 različite rastertonske vrijednosti

Tablica 9. Prikaz izračuna srednje vrijednosti širine linije mjerene u radu

Tablica 10. Prikaz izračuna srednje vrijednosti zamućenosti linije mjerene u radu

Tablica 11. Prikaz izračuna srednje vrijednosti odrpanosti linije mjerene u radu

Tablica 7. Prikaz izračuna kolornih promjena

Očitak u odnosu na FOGRA51 standard	LOW						STANDARD						HIGH						Srednja vrijednost	ΔE					
	Srednja vrijednost						Srednja vrijednost						Srednja vrijednost												
	10%	20%	40%	60%	70%	80%	100%	10%	20%	40%	60%	70%	80%	100%	10%	20%	40%	60%			70%	80%	100%		
RTV %																								Razlika između najveće i najmanje srednje vrijednosti	
C	0,66	0,56	0,36	/	2,16	/	2,46	1,24	0,64	0,53	0,46	/	2,19	/	2,50	1,26	0,79	0,83	0,75	/	1,55	/	2,21	1,22	STAND-HIGH 0,04
M	1,24	0,77	0,56	/	0,45	/	0,60	0,72	1,29	0,73	0,56	/	0,38	/	0,64	0,72	0,83	0,72	0,57	/	0,35	/	0,26	0,54	STAND-HIGH 0,18
Y	1,61	0,44	0,51	/	0,68	/	0,64	0,77	1,59	0,75	0,64	/	0,94	/	0,71	0,92	1,02	0,11	0,25	/	0,64	/	0,78	0,56	STAND-HIGH 0,36
K	2,36	4,00	8,41	12,28	/	10,72	5,45	7,20	2,37	4,12	8,66	12,74	/	11,19	5,42	7,41	2,01	3,71	8,18	12,39	/	10,64	4,40	6,88	STAND-HIGH 0,56
R	0,84	0,49	0,52	/	0,50	/	2,63	0,99	0,88	0,89	0,50	/	0,50	/	5,42	1,63	0,68	0,38	0,75	/	0,64	/	0,76	0,64	STAND-HIGH 0,99
G	0,70	0,93	0,69	/	1,32	/	1,15	0,95	0,86	0,93	0,55	/	1,60	/	4,00	1,58	0,94	0,68	0,77	/	0,66	/	1,40	0,89	STAND-HIGH 0,69
B	0,28	0,37	0,89	/	1,38	/	1,49	0,88	0,46	0,16	0,75	/	1,53	/	2,50	1,08	0,82	0,87	1,12	/	1,29	/	1,80	1,18	LOW-HIGH 0,30

Tablica 8. Prikaz nijansi sive boje korištene u radu podijeljene u 3 različite rastertonske vrijednosti

20% RTV				40% RTV				65% RTV			
BR. MJERENJA	ECO	STANDARD	RICH	BR. MJERENJA	ECO	STANDARD	RICH	BR. MJERENJA	ECO	STANDARD	RICH
1	1.083	0.33103	0.43663	1	0.94402	0.82987	0.79808	1	1.039	0.80334	0.47072
2	1.304	0.25354	0.41575	2	0.59634	0.31303	0.20051	2	0.37267	0.39054	0.82763
3	1.049	0.42329	0.54461	3	0.69639	1.07479	1.28791	3	0.38744	0.52057	0.50178
4	1.105	0.3104	0.49047	4	1.008	0.80461	0.92311	4	1.5	0.96011	1.0521
5	0.57293	0.43554	0.66522	5	1.179	0.99976	0.44649	5	0.46885	1.18493	0.93363
6	0.58218	0.45794	0.28104	6	0.16267	0.48153	0.29621	6	0.21913	0.50532	0.28427
7	0.66738	0.22505	0.13124	7	0.82533	0.51356	1.18223	7	0.31242	0.41792	0.55351
8	0.70724	0.4296	0.29249	8	1.487	0.79196	1.22758	8	1.709	0.56557	1.4385
9	0.24626	0.7484	0.23676	9	0.77593	1.15622	0.95658	9	0.92495	0.87749	0.66512
10	0	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0
11	0.40947	0.18731	0.38494	11	1.105	0.9451	1.30057	11	0.54741	0.65977	0.83954
12	0.29454	0.72643	0.41317	12	1.269	0.64988	1.42386	12	0.94552	0.55053	0.7793
13	0.66919	0.24317	0.68998	13	0.7325	0.71388	0.55719	13	1.05	0.71163	0.3183
14	0.58985	0.35458	0.29522	14	0.39008	0.44497	0.28714	14	0.52186	0.28568	0.6489
15	0.9693	0.29862	0.27649	15	0.90007	1.0639	1.29402	15	1.022	0.49571	0.40875
16	0.68116	0.57638	0.45477	16	1.309	0.88191	1.42353	16	1.8	0.56539	0.4881
17	0.40612	0.39246	0.63686	17	0.76663	0.659	1.04751	17	0.50648	0.53781	0.42426
18	1.16	0.3245	0.62842	18	0.7276	0.60088	0.96312	18	0.37698	0.66274	0.83432
19	0.52982	0.18553	0.49904	19	0.84387	0.50667	1.53759	19	0.84988	0.63981	0.50773
20	0.15494	0.82153	0.61574	20	1.152	0.62954	1.05421	20	1.766	1.18517	1.4124
SR. VRIJED.	0.659059	0.386265	0.419442	SR. VRIJED.	0.84353	0.703053	0.910372	SR. VRIJED.	0.815983	0.6260015	0.6694385

Tablica 9. Prikaz izračuna srednje vrijednosti širine linije mjerene u radu

ŠIRINA LINIJE								
SMJER LINIJE	HORIZONTALNO			SR. VRIJEDNOST	VERTIKALNO			SR. VRIJEDNOST
ŠIRINA LINIJE	0,34 mm	0,67 mm	1,00 mm	/	0,34 mm	0,67 mm	1,00 mm	/
ECO	0,36 mm	0,70 mm	1,04 mm	0,7 mm	0,35 mm	0,69 mm	1,03 mm	0,69 mm
STANDARD	0,38 mm	0,70 mm	1,04 mm	0,71 mm	0,36 mm	0,70 mm	1,04 mm	0,7 mm
RICH	0,38 mm	0,71 mm	1,06 mm	0,72 mm	0,36 mm	0,71 mm	1,04 mm	0,7 mm
SR.VRIJEDNOST	0,37 mm	0,70 mm	1,05 mm	/	0,36 mm	0,70 mm	1,04 mm	/

Tablica 10. Prikaz izračuna srednje vrijednosti zamućenosti linije mjerene u radu

ZAMUĆENOST LINIJE																
SMJER LINIJE	HORIZONTALNO			SR. VRIJEDNOST	HORIZONTALNO			SR. VRIJEDNOST	VERTIKALNO			SR. VRIJEDNOST	VERTIKALNO			SR. VRIJEDNOST
	POČETAK/KRAJ				ZAVRŠETAK LINIJE				POČETAK LINIJE				ZAVRŠETAK LINIJE			
ŠIRINA LINIJE	340 μm	670 μm	1000 μm	/	340 μm	670 μm	1000 μm	/	340 μm	670 μm	1000 μm	/	340 μm	670 μm	1000 μm	/
ECO	800 μm	860 μm	1140 μm	887 μm	600 μm	670 μm	1050 μm	773 μm	730 μm	810 μm	1000 μm	847 μm	600 μm	710 μm	940 μm	750 μm
STANDARD	850 μm	820 μm	1120 μm	930 μm	620 μm	670 μm	1110 μm	800 μm	710 μm	810 μm	1140 μm	887 μm	610 μm	710 μm	1060 μm	793 μm
RICH	860 μm	1180 μm	1170 μm	1070 μm	680 μm	930 μm	1210 μm	940 μm	900 μm	1270 μm	890 μm	1020 μm	1000 μm	1300 μm	930 μm	1077 μm

Tablica 11. Prikaz izračuna srednje vrijednosti odrpanosti linije mjerene u radu

ODRPANOST LINIJE																
SMJER LINIJE	HORIZONTALNO			SR. VRIJEDNOST	HORIZONTALNO			SR. VRIJEDNOST	VERTIKALNO			SR. VRIJEDNOST	VERTIKALNO			SR. VRIJEDNOST
	POČETAK/KRAJ				ZAVRŠETAK LINIJE				POČETAK LINIJE				ZAVRŠETAK LINIJE			
ŠIRINA LINIJE	340 μm	670 μm	1000 μm	/	340 μm	670 μm	1000 μm	/	340 μm	670 μm	1000 μm	/	340 μm	670 μm	1000 μm	/
ECO	740 μm	600 μm	790 μm	710 μm	400 μm	210 μm	410 μm	340 μm	550 μm	490 μm	610 μm	450 μm	680 μm	470 μm	500 μm	550 μm
STANDARD	700 μm	580 μm	880 μm	720 μm	480 μm	260 μm	180 μm	306,7 μm	480 μm	500 μm	860 μm	613,3 μm	530 μm	520 μm	420 μm	490 μm
RICH	480 μm	360 μm	1020 μm	620 μm	480 μm	320 μm	380 μm	393,4 μm	530 μm	1040 μm	490 μm	687 μm	540 μm	610 μm	620 μm	590 μm