

KOMPARACIJA KARAKTERISTIKA INK-JET OTISAKA DOBIVENIH VODENIM, SOLVENTNIM I UV BOJILIMA

COMPARISON OF CHARACTERISTICS OF INK-JET PRINTS OBTAINED USING WATER BASED, SOLVENT AND UV INKS

Vjeran Petrović, Marin Milković, Dean Valdec

Stručni članak

Sažetak: Razvojem digitalnih sustava obrade i prijenosa podataka i u grafičkoj tehnologiji je došlo do radikalnih promjena u orijentaciji grafičke struke sa prethodnoga usmjerenja primarno orijentiranog prema strojarstvu i kemijskoj tehnologiji, prema informacijskim i digitalnim tehnologijama. Tako se ističu CtP tehnologije, a posebno, nakon najzastupljenije elektrofotografske tehnologije, ink-jet tehnologija tiska, koja se pokazala posebno pogodnom prilikom tiska, primjenom različitih vrsta bojila, na različite materijale bez obzira na strukturu ili debljinu tiskovne podloge.

Ink-jet tehnika je vrlo rasprostranjena. Susrećemo ih od malih pisača, pa sve do strojeva koji tiskaju i do 20 metara duge gigantografije (npr. plakati uz prometnice). Najčešće tehnologije inkjet tiska jesu: termički ink-jet (Bubble Jet), piezo ink-jet, a nerijetko se susreće elektrostatski ink-jet [1]. Ink-jet tehnika tiska je u stvari pravi beskontaktni tisak. Na signal iz računala, kapljica bojila iz mlaznice dolazi na tiskovnu podlogu te ispisuje red po red otiska. Danas su tehnika i tehnologija toliko unapredovale da se mogu ostvariti otisci vrlo visoke kvalitete, pri čemu tisak kolor ne predstavlja nikakav problem ni na različitim vrstama tiskovnih podloga.

Glavne riječi: bezkontaktni tisak, Ink-jet, solventna bojila, tiskovne podloge, vodena bojila, UV bojila

Professional paper

Abstract: With the development of the digital data processing and transfer systems, graphic technology experienced radical changes in the graphic profession's orientation. Its direction changed from being primarily oriented towards civil engineering and chemical technology to being oriented towards the information and digital technologies. Thus the CtP technologies are pointed out – after the predominant electro photographic technology, the ink-jet printing technology in particular. It proved as particularly suitable in printing with various types of dyestuff on various materials regardless the structure or the thickness of the printing base.

The ink-jet technique is very widespread. It can be found in the whole range of printers – from the small ones up to the machines that can print up to 20 meters long giantographs (exp. billboards beside the roads). The most often technologies of the ink-jet printing are: the thermal ink-jet (Bubble Jet), piezo ink-jet, and, not rarely, one can find the electrostatic ink-jet [1]. The ink-jet printing technique is actually the real contactless print. At the signal from the computer a drop of ink from the nozzle comes to the printing base and prints one printing line after another. Today the technique and technology are so advanced that one can make prints of very high quality, whereby printing in colour does not represent any problem even on the various types of printing materials.

Key words: contactless print, Ink-jet, printing bases, solvent ink, water ink, UV ink

1. UVOD

Uz elektrofotografiju, najčešći sustav bezkontaktnog tiska (eng. NIP – Non Impact Printing) je upravo ink-jet. Ink-jet tehnologija je CtP tehnologija (eng. Computer to Print) kod koje otisak nastaje mlazom bojila na tiskovnu podlogu te stoga tiskovna forma nije potrebna. Značenje naziva same tehnologije tiska govori o kojem načinu ispisa je riječ (ink = bojilo, jet = mlaz).

Kod procesa tiska ink-jetom računalni podaci za tisak se prenose direktno na samu tiskovnu jedinicu, tj. u sam ink-jet sustav mlaznica.

Kod ink-jet tiska razlikuju se nekoliko vrsta tehnologija s obzirom na način na koji se dobije otisak. Tako se ink-jet tehnologija dijeli na kontinuirani i diskontinuirani ink-jet.

U kontinuiranom ink-jetu otisak nastaje binarnom i multi deflekcijom, a kod diskontinuiranog ink-jeta otisak nastaje pomoću termalne, piezo ili elektrostatske tehnologije.

Kod ink-jet tiska se najčešće upotrebljavaju tekuća bojila, dok se kod elektrostatske tehnologije, zbog upotrebe temperature mogu koristiti i termotaljiva bojila.

Upravo zbog toliko tehnologija nastajanja otiska i vrsta bojila moguće je otiskivati na različite materijale. S obzirom da se kod uporabe ink-jet tiska ne upotrebljavaju visoke temperature kao kod elektrofotografije, mogu se koristiti tiskovne podloge koje su osjetljivije na temperaturu, te s toga ne moraju biti izrađene od specijalnih termootpornih materijala. Tu se ubrajaju različite PE i PVC folije.

S druge strane, postoje ekološki prihvatljiva bojila, poput novih kvalitetnih latex bojila koja se izrađuju na bazi vode, te se također mogu koristiti na različitim materijalima, bez bojazni da bi otapala u kojima se nalaze pigmenti bojila, mogla oštetiti tiskovnu podlogu.

Sve navedene karakteristike su ujedno i varijable koje se moraju uzeti u obzir za dosljednu i ujednačenu kvalitetu otiska, te dovode do vrlo velikih razlika s obzirom na korištena bojila i tiskovnu podlogu.

Materijal na kojem će se uspoređivati kvaliteta otisaka je samoljepljiva vinil folija koja se vrlo često koristi u tisku. To je ujedno jedini materijal koji se mogao otisnuti na svim uređajima koji će se koristiti prilikom ispisa testnih formi.

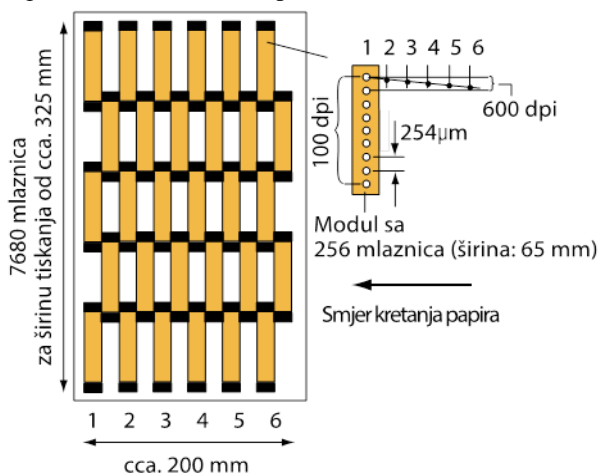
2. PRIMJENA INK JET TEHNOLOGIJE

U načelu, postoje osnovne razlike između ink jet sustava velike brzine tiska, koji najčešće rade s jednom bojom ili određenom posebnom bojom i sustava koji omogućuje otisak visoke kvalitete koji se najčešće koristi kao kontrolni probni otisak.

Za urede, kućnu uporabu ili stolno izdavaštvo se najčešće koriste višebojni ink jet pisari manjih formata (A4, A3), a zahvaljujući digitalnoj fotografiji, vrlo ih često susrećemo za tisak visokokvalitetnih fotografija, uglavnom manjeg formata.

Ipak, iako se čini da gotovo svaki ured ili dom ima barem jedan pisar s ink jet sustavom, najčešće se koriste za tisak velikih formata poput plakata, postera i oglasnih panoa (eng. Billboard).

Najčešće korištena širina otiska je 135cm, a postoje sustavi koji mogu tiskati i 5m pa sve do 8m širine. Također, takvi sustavi omogućuju tisak na različitim materijalima poput tekstila, različitim vrstama papira, a pomoću odgovarajućih bojila tiska se i na plastične folije za plakate, cerade i slične proizvode.



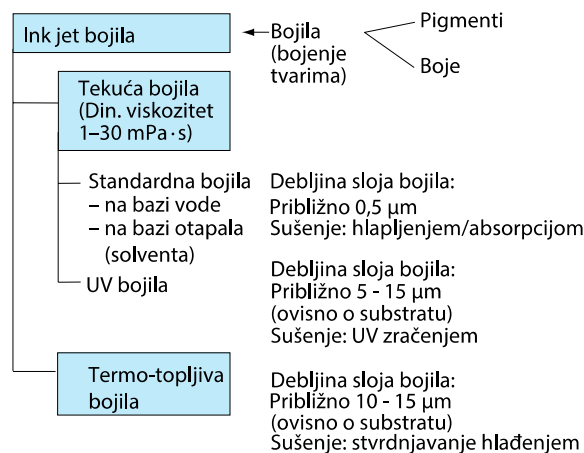
Slika 1. Prikaz modularnog smještaja glava

Takvi sustavi rade sa tiskarskim glavama postavljenim okomito na smjer prolaza papira, jer za postavljanje glave širine cijelog formata nema potrebe, tj. nerentabilno je. Pošto glava prelazi cijelom širinom medija, glave za svaku boju su postavljene jedna iza druge kao što prikazuje Slika 1.

2.1. Vrste bojila

U navedenim ink-jet procesima se koriste i različita bojila (vodena, solventna i UV). Koja vrsta bojila će se upotrijebiti ovisi o karakteristikama podloge na koju se tiska (upojnost, površinska obradenost). Zatim ovisi o uvjetima okoline u kojoj će se otisak postaviti ili upotrebljavati (otpornost na svjetlost i UV zračenja, vremenske utjecaje, habanje). Nadalje ovisi o načinu sušenja koje se koristi prilikom tiska (brzina, višebojni tisak, daljnji procesi obrade). Ukoliko se za tisak upotrebljavaju tekuća bojila koja imaju tendenciju hlapljenja i apsorpcije u podlogu, trebaju se osušiti. Taj postupak se može ubrzati primjenom topline. Kod UV bojila, u procesu sušenja se upotrebljava UV svjetlo koje dodatno stvrdnjava bojilo (omogućuje povezivanje organskih molekula).

Podjela ink-jet bojila koja se upotrebljavaju kod ispisa različitim tehnologijama, kao i osnovne komponente od kojih se bojila sastoje, te procesi sušenja koji se upotrebljavaju ovisno o vrsti bojila prikazani su na slici 2. Slika također prikazuje koliki je nanos bojila kod jednoslojnog otiska. Posebno treba obratiti pažnju na činjenicu da je nanos bojila kod upotrebe tekućih bojila vrlo malen (vrlo sitne kapljice), što je osnova za visokokvalitetne otiske, posebno kod višebojnih otisaka. [1]



Slika 2. Podjela bojila

2.2. Mjerenje i mjerni uređaji

Mjerni uređaji za kontrolu kvalitete reprodukcije koji se koriste u postupcima mjerenja u radu su spektrometar i denzitometar.

Spektrometar

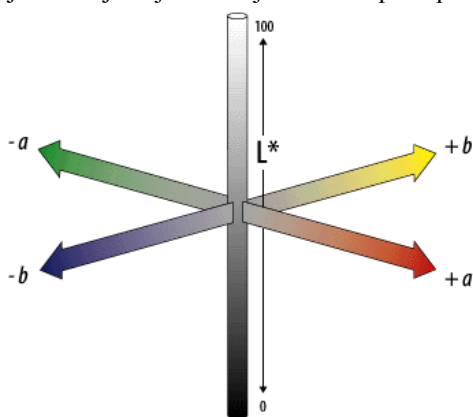
Spektrometar je uređaj pomoću kojeg se mjeri spektralni sastav boja i na osnovu mjerenja se boje prikazuju u nekim drugim modelima boja ili se određuju

ostale karakteristike boja (ton, zasićenje i svjetlina). Na osnovu mjerenja može se prikazati raspon boja (gamut) koji određeni uređaj može postignuti određenim bojilom.

Najčešće se vrijednosti prikazuju u CIE $L^*a^*b^*$ modelu boja te se na osnovu pozicija CMYRGB boja prikazuje raspon boja na otisku.

CIE $L^*a^*b^*$ prostorni model boja je trodimenzionalni sustav boja koji se temelji na percepciji standardnog promatrača kojeg predstavlja statistički podatak dobiven nizom mjerenja u kojima su sudjelovali ljudi dobrog vida bez deformacija viđenja boja.

Koordinate CIELAB sustava boja se temelje na Heringovoj teoriji suprotnih parova boja, koje ujedno predstavljaju i osi sustava. Raspon boja crveno-zelena za os a , raspon boja žuto-plavo za os b , te kao treća akromatska os L sa vrijednosti u rasponu od 0% do 100%, pri čemu je 0% crna, a 100% bijela (Slika 3). Brojčane vrijednosti u CIE $L^*a^*b^*$ kolornom sustavu prikazuju sve boje koje može ljudsko oko percepirati.



Slika 3. CIE $L^*a^*b^*$ prostor boja

Koordinate boja je moguće uspoređivati s bilo kojim mjerenim uzorkom (original, probni otisak, otisak iz naklade) neovisno o tiskovnoj podlozi, tipu grafičkog bojila ili tiskarskog procesa.

Mjerenje je obavljeno pomoću spektrometra X-Rite Eye-One Pro čije specifikacije su prikazane u Tabeli 1.

Tabela 1. Osnovne specifikacije spektrometra

Mjerni raspon spektra	380nm do 730nm u koracima od po 10nm
Promjer mjernog otvora	4.5mm
Geometrija mjerenja	45°/0° prstenasti izvor svjetla, DIN 5033
Izvor svjetla	Sijalica punjena plinom (type A)
Inter-instrument odnos	Average DE*94 0.4, maximum DE*94 1.0
Kratkoročno ponavljanje	DE*94 <= 0.1 (D50, 2°)

Denzitometar

Denzitometrom mjerimo gustoću obojenja unutar tiska jedne naklade koja se tiska pod određenim definiranim uvjetima (određeni tiskarski stroj, određena tiskarska podloga i određeno bojilo). To mjerenje se obavlja zbog neujednačenosti proizvodnih procesa prilikom proizvodnje bojila i tiskovne podloge, a sve u cilju postizanja ujednačene kvalitete otiska.

Denzitometrijsko mjerenje se izvršilo pomoću X-Rite 518 prijenosnog refleksijskog spektrodenzitometra čije specifikacije su navedene u Tabeli 2.

Tabela 2. Specifikacija uređaja X-Rite 518

Promjer mjerene točke uzorka	3,4mm standardno
Geometrija mjerenja	45°/0° za ANSI, DIN & ISO Standard
Izvor svjetla	Sijalica punjena plinom @ 2856°
Inter-instrument odnos	0.01D ili 1% za tipični tiskarski proces

2.3. Tiskarski strojevi

Prilikom izrade testnih uzoraka korišteni su slijedeći tiskarski strojevi:

1. HP Designjet L65500 Printer – vodeno bojilo
2. VUTEK UltraVu 5330 – solventno bojilo
3. Jeti 2030 X-2 Continental' true flatbed – UV bojilo
4. VUTEK QS 3200r 8C – UV bojilo

3. REZULTATI MJERENJA

Mjerenje je izvršeno pomoću X-Rite Eye-One Pro spektrometra (prije Gretag Macbeth) u CIE $L^*a^*b^*$ kolornom sustavu. Izvršena su mjerenja na punim mjernim poljima CMYK, RGB, bijele i 50% crne boje.

Tabela 3. CIE $L^*a^*b^*$ vrijednosti za HP latex otisak

HP latex	L*	a*	b*
R	45,2	62,2	42,2
G	47,5	-70,7	23
B	22,2	7,2	-50
C	54,1	-34,6	-48,1
M	43,9	69,5	-7,4
Y	86,1	-8,8	86,2
K	7,1	0,8	-4,5
W	93,3	-0,8	-3,7
GR	61,7	0,5	-3,6

Tabela 4. CIE $L^*a^*b^*$ vrijednosti za Vutek solvent otisak

Vutek solvent	L*	a*	b*
R	43,7	63,2	41,4
G	48,8	-68,4	36,4
B	25,2	8,9	-40,3
C	55,4	-36,1	-44,3
M	46,5	59,4	-1,3
Y	87,8	-8,4	98,8
K	14,8	0,2	-1,3
W	91,6	-0,2	-1,2
GR	63,4	-2,4	-4,1

Tabela 5. CIE $L^*a^*b^*$ vrijednosti za Jeti UV otisak

Jeti UV	L*	a*	b*
R	45,1	53,5	27,6
G	49,5	-53,1	15,8
B	29,2	14,5	-36
C	57	-28,7	-38,8
M	45,5	61,6	-4
Y	82,9	-6,2	74,6
K	25,8	2	-1,9
W	88,3	0,8	-8
GR	69,2	-6,6	-1,9

Tabela 6. CIE L*a*b* vrijednosti za Vutek UV otisak

Vutek UV	L*	a*	b*
R	48,6	55	37,6
G	52,2	-52,8	19,5
B	29,6	10,3	-37,7
C	55,6	-31,1	-40
M	49,9	54,5	-4,9
Y	87,1	-9	70,1
K	27,4	1,1	-0,7
W	91,7	-0,3	-0,8
GR	62,7	-3,5	-0,4

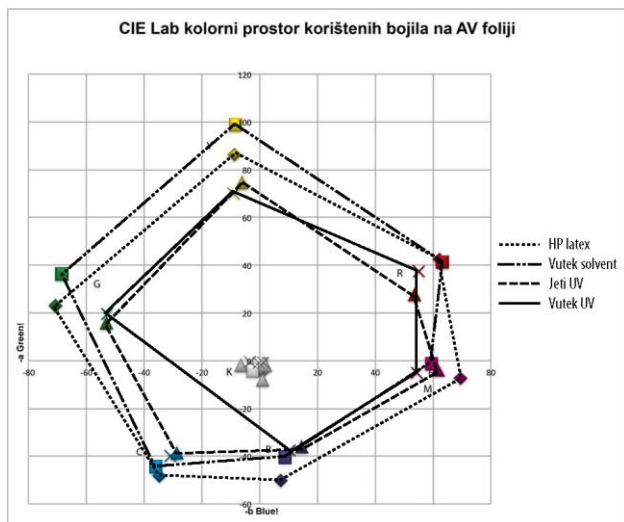
$$x = \frac{X}{(X+Y+Z)} \tag{1}$$

$$y = \frac{Y}{(X+Y+Z)} \tag{2}$$

$$z = \frac{Z}{(X+Y+Z)} \tag{3}$$

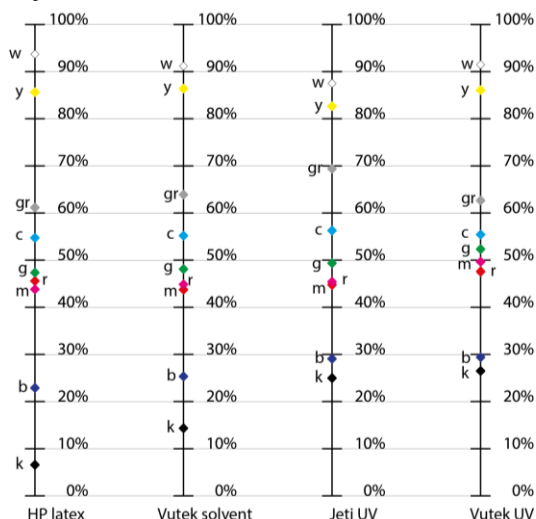
Dobivene vrijednosti koordinata uzoraka se koriste za prikazivanje položaja boja u CIE 1931 x, y dijagramu kromatičnosti, a njihovim spajanjem u heksagon za pojedine sustave tiska dobijemo raspon kao što je prikazano na Slici 6.

3.1. Raspon boja u CIELAB modelu boja



Slika 4. Raspon boja prikazan u ab dijagramu CIE L*a*b* prostora boja

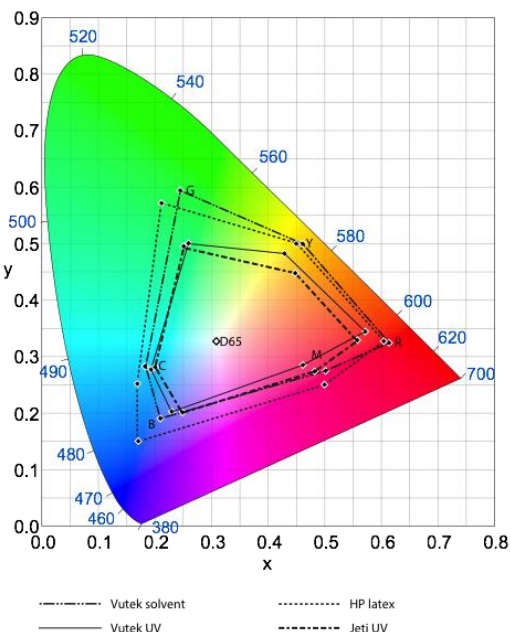
Na osnovu podataka iz Tabela 3-6 na slici 4 prikazan je raspon boja koji može biti reproduciran na definiranim tiskarskim strojevima primjenom vodenog, solventnog i UV bojila.



Slika 5. Svjetlina mjenjenih uzoraka boja za četiri vrste tiskarskih procesa

3.2. Raspon boja u x,y dijagramu kromatičnosti

Izmjerene tristimulusne vrijednosti uzoraka X, Y, Z se preračunavaju u x, y, z koordinate x,y dijagrama kromatičnosti pomoću slijedećih jednažbi:



Slika 6. Raspon boja prikazan u xy dijagramu kromatičnosti

Na prikazanom CIExyY dijagramu kromatičnosti (Slika 6) vidi se da najveći raspon boja (gamut) možemo otisnuti pomoću latex i solventnih bojila, dok UV bojila uvelike zaostaju. Ujedno primjećuje se da je kod latex bojila gamut puno veći u ljubičastoplavom području i u području mađente, dok se u crvenom i žutom području gotovo podudara sa solventnim bojilom. U zelenom području gamut latex i solventnih bojila je veći u odnosu na UV bojila, no latex malo više ulazi u plavo područje.

3.3. Kolorimetrijska razlika

Ukoliko se želi detaljnije proučiti koliko pojedina boja odstupa s obzirom na različite tiskarske sustave, tada se može izračunati kolometrijska razlika (ΔE^*) i to pomoću izmjerenih vrijednosti u CIE L*a*b* kolornom prostoru pomoću CIE 1976 jednažbe [2]:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \tag{4}$$

pri čemu je:

$$\Delta L = L_0 - L_1 \tag{5}$$

$$\Delta a = a_0 - a_1 \tag{6}$$

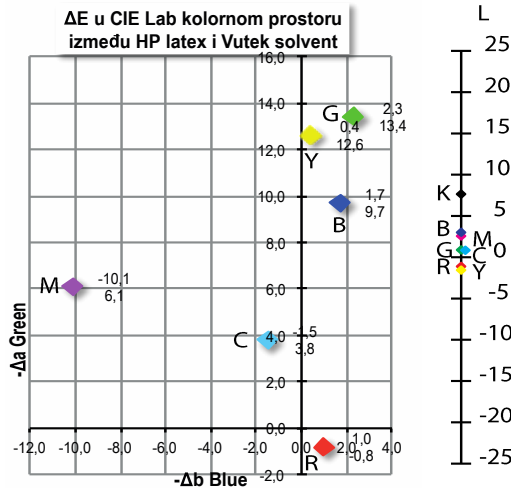
$$\Delta b = b_0 - b_1 \tag{7}$$

gdje su:

L_0, a_0, b_0 – vrijednosti referentne boje prema kojoj se mjeri odstupanje

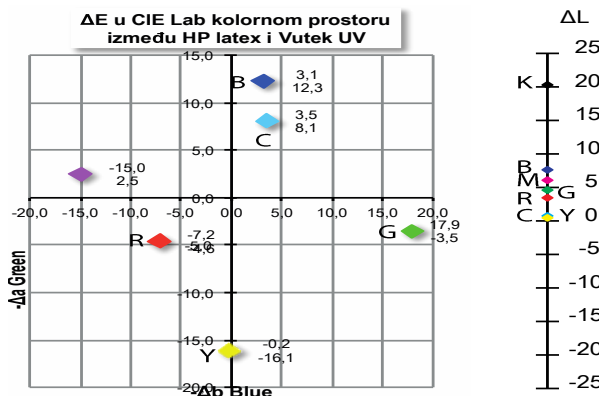
L_1, a_1, b_1 – vrijednosti ispitivanog uzorka boje.

Kada se uspoređi HP latex boje i Vutek solventne boje, primjećuje se da u ovom slučaju solventne boje u svjetlini imaju vrlo mala odstupanja u odnosu na referentne vodene boje osim kod crne boje. Kod mađente se primjećuje vrlo veliko odstupanje u zeleno područje, dok plava, žuta i zelena teže prema žutom području (Slika 7.).



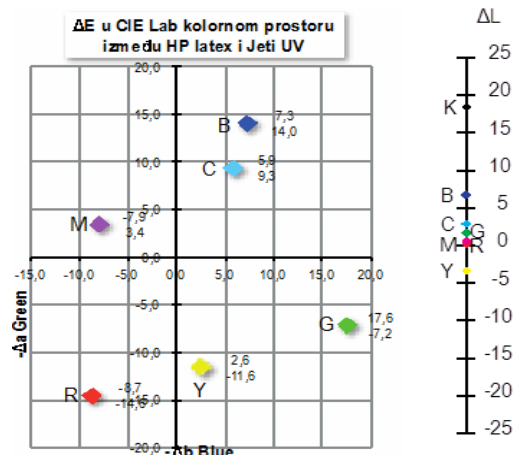
Slika 7. Odstupanje boja HP latex sustava prema Vutek solventnom sustavu

Kod slijedeće usporedbe HP latex boje i Vutek UV boje može se primijetiti da crna zamjetno odskače od referentne boje, odnosno da je svjetlija, kao i sve ostale boje. Plava i cijan teže k žutom području, a crvena i mađenta k zelenom području (Slika 8.).



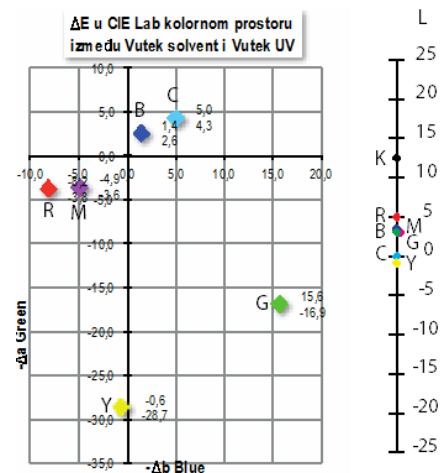
Slika 8. Odstupanje boja HP latex sustava prema Vutek UV sustavu

Kod usporedbe HP latex boja prema Jeti UV bojama vidi se vrlo slična odstupanja kao i u prethodnom primjeru, s time da su vrijednosti svjetline svih boja pomaknute prema pozitivnim vrijednostima, što znači da su boje svjetlije. Značajnije je odstupanje žute prema plavom području te zelene prema crvenom području (Slika 9.).



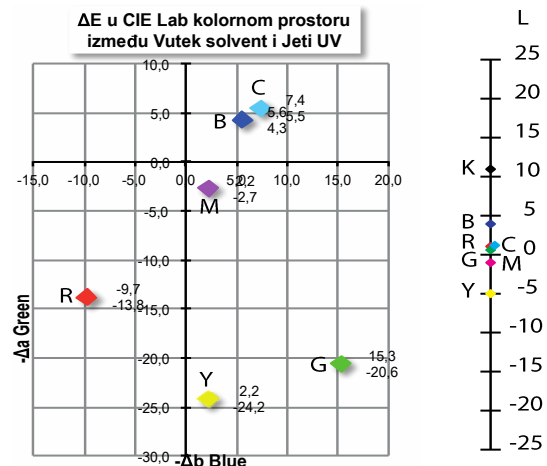
Slika 9. Odstupanje boja HP latex sustava prema Jeti UV

U slijedećoj usporedbi Vutek solventnih boja i Vutek UV boja primjećuje se da su razlike u svjetlini male osim za crnu boju, a cijeli raspon boja je pomaknut prema plavom području (Slika 10.).



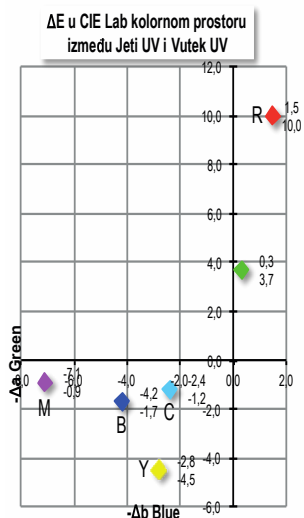
Slika 10. Odstupanje boja Vutek solventnog sustava prema Vutek UV sustavu

Kod usporedbe Vutek solventnih boja i Jeti UV boja primjećuje se da su odstupanja svjetline nešto veće nego u odnosu prema Vutek UV bojama. Najmanje odstupanje ima mađenta, a crvena ima značajno odstupanje prema cijan području (Slika 11.).



Slika 11. Odstupanje boja Vutek solventnog sustava prema Jeti UV sustavu

U usporedbi dviju UV boja, odnosno odstupanje Jeti UV boja prema Vutek UV bojama razlike u svjetlini su vrlo male, kao i rasipanje prema plavom i zelenom području, prema kojima teže sve boje osim zelene i crvene koje teže prema žutom području (Slika 12.).



Slika 12. Odstupanje boja Jeti UV sustava prema Vutek UV sustavu

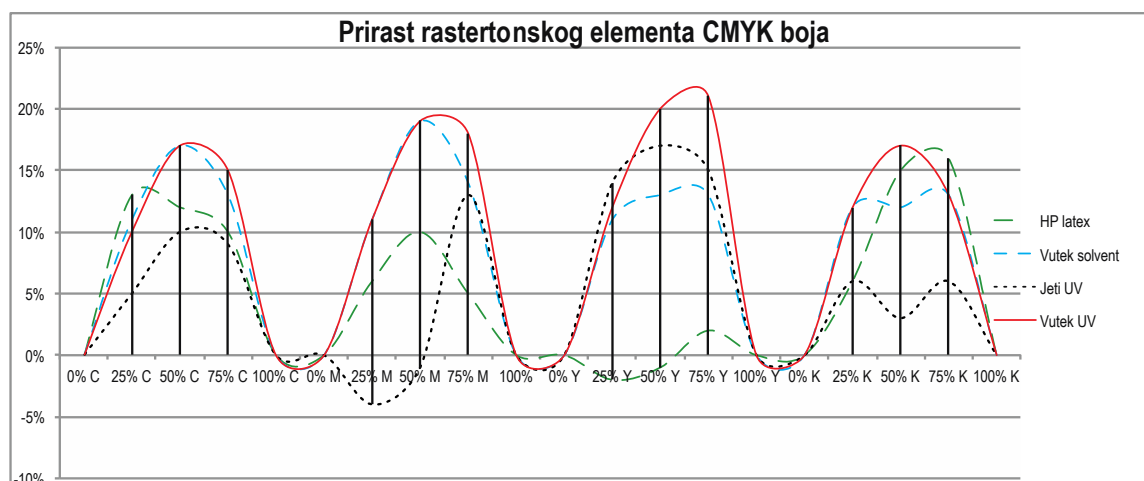
3.4. Prirast rastertonske vrijednosti

Za vrijeme proizvodnog procesa dolazi do promjene u veličini rasterskog elementa koja može rezultirati pomacima u tonu i obojenju.

Prirast RTV, kod NIP tiskarskih tehnika, je odnos između definiranih tonskih vrijednosti prikazanih na kontrolnim stripovima i stvarnih izmjerenih vrijednosti pomoću denzitometra, a prikazuju se u postocima.

Kao što se vidi na Slici 13. najveći prirast je kod svih boja kod UV bojila otisnutih na Vutek tiskarskom stroju i iznosi između 17% i 21%, dok je kod latex bojila u prosjeku najmanji osim kod crne boje. Neočekivani rezultati su dobiveni na Jeti UV otiscima sa značajnim odstupanjem mađente i crne boje. Rezultati mjerenja prirasta RTV kod Vutek solventnog sistema pokazuju ujednačenost prirasta kod svih boja, a vrijednosti se kreću između 13% i 19%.

Najveći prirast RTV pojedinih boja ima očekivane vrijednosti slične Gausovoj krivulji s najvećim vrijednostima između 50% i 65% RTV. Značajno odstupanje ima mađenta kod Jeti UV bojila i žuta kod vodenog bojila, kod kojih se primjećuje da je do 50% RTV prirast negativan.



Slika 13. Grafički prikaz prirasta rastertonskih vrijednosti

4. ZAKLJUČAK

U općem trendu digitalizacije i digitalni tisak je sve prisutnije rješenje u grafičkoj industriji. Osnovna je karakteristika digitalnog tiska nizak fiksni trošak te stoga predstavlja idealan izbor za tisak manjih naklada ili većeg broja različitih predložaka.

Ukoliko je potrebno otisnuti samo jedan primjerak ili nekoliko različitih varijacija, pa čak i veća serija, zbog brzine, kvalitete i povoljne cijene upravo digitalni tisak je pravi izbor, a jedna varijanta je i ink-jet.

Naime, kao što se vidi iz podataka dobivenih za vodena bojila, u ovom slučaju latex bojila, najbolje ih je upotrijebiti kada postoji potreba za ispisom vrlo visoke kvalitete i rezolucije, te što većeg gamuta boja.

Nadalje, ispis solventnim bojilima je odličan za tisak jumbo plakata i postera kod kojih nije potrebna velika rezolucija, prvenstveno zbog cijene i brzine otiskivanja,

te ujedno nema potrebe da budu dugotrajno izloženi atmosferskim utjecajima. Presvlačenje laminatom im uvelike produžuje trajanje i otpornost. Karakteristika im je da prodiru u tiskovnu podlogu.

UV bojila su vrlo postojana zbog debljine nanosa, a primjećuju se i pod prstima. Karakteristika im je da ne prodiru u podlogu, već se suše na njoj pomoću živinih UV lampi, a u novije vrijeme LED UV lampi. To im omogućuje tisak na različite materijale bez obzira na karakteristike tog materijala. Također se mogu i laminirati. Zbog samog sastava pigmenta i otapala, imaju najmanji gamut boja.

Uzevši u obzir napredak u razvoju materijala i bojila, kao i u izradi tiskarskih ink jet strojeva, u budućnosti možemo očekivati još veće kvalitete otiska na suvremenim materijalima, kao i veće brzine, što će se vremenom u konačnici omogućavati još jeftiniji i kvalitetniji otisak.

4. LITERATURA

- [1] Kipphan, H.: Handbook of Print Media, Springer-Verlag, Heidelberg, 2001.
- [2] Zjakić, I.; Bates, I.; Milković, M.: A study of dot gain and gamut for prints made with highly pigmented inks, Technical Gazette 18, 2(2011), 227-235
- [3] Majnarić, I.; Leskovec, T.: Ink-jet tisak (jučer, danas, sutra), CROPRINT, Grafički fakultet sveučilišta u Zagrebu, rujan 3/2009, str. 48
- [4] Valdec, D.: Sustavi vrednovanja boje, Priručnik sa zadacima, Veleučilište u Varaždinu, 2010.

Kontakt autora:

Vjeran Petrović, bacc. ing. techn. graph.

Ivana Meštrovića 20

40000 Čakovec

Tel.: 098 241 066

e-mail: vjeran.petrovic@ck.t-com.hr

Dr. sc. Marin Milković, dipl. ing.

Veleučilište u Varaždinu

J. Križanića 33, 42000 Varaždin

e-mail: dekan@velv.hr

Dean Valdec, dipl. ing.

Veleučilište u Varaždinu

J. Križanića 33, 42000 Varaždin

tel.: 042 493 357

e-mail: dean.valdec@velv.hr