

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

matrib

International conference

2011.

materials | tribology | recycling

p r o c e e d i n g s

Vela Luka

Otok / island Korčula, Hrvatska / Croatia

29. lipnja / June – 01. srpnja / July 2011

ORGANIZATORI / ORGANIZED BY:

HRVATSKO DRUŠTVO ZA MATERIJALE I TRIBOLOGIJU, Croatia

INSTITUTE OF MATERIALS AND MACHINE MECHANICS (SLOVAK
ACADEMY OF SCIENCES), Slovakia

DUBLIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Ireland

SUORGANIZATORI / CO-ORGANIZERS:

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE SVEUČILIŠTA U ZAGREB

GRAFIČKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREB

SPONZORI / SPONSORS:

MINISTARSTVO ZNANOSTI OBRAZOVANJA I ŠPORTA

IDEF d.o.o. za industrijsku defektoskopiju – ZAGREB

BIOTEHNIKA d.o.o. – ZAGREB

PLINOSERVIS KUZMAN – ZAGREB

IZDAVAČ / PUBLISHER:

Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju
Croatian Society for Materials and Tribology
c/o FSB, Ivana Lučića 5, 10000 Zagreb
tel.: +385 1 61 68 350; fax: +385 1 61 57 126
e-mail: hdmt@fsb.hr,
<http://www.fsb.hr/hdmt>

UREDNICI / EDITORS:

Zdravko Schauperl, Sanja Šolić

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem **771860**.

ISBN 978-953-7040-20-8

NAKLADA / ISSUE:

120

ORGANIZACIJSKI ODBOR / ORGANIZING COMMITTEE:

Zdravko Schauerl (Zagreb) – predsjednik/president

Darko Andreis (Vela Luka)

Denis Andreis (Vela Luka)

Petar Mladenko Cetinić (Vela Luka)

Zoran Hlede (Zagreb)

Vinko Ivušić (Zagreb)

Josip Lovričević (Vela Luka)

Igor Majnarić (Zagreb)

Željko Maričić (Vela Luka)

Gorki Miletić (Vela Luka)

Želimir Oršanić (Zagreb)

Dinko Prižmić (Vela Luka)

Denis Prusac (Zadar)

Mateja Šnajdar (Zagreb)

Sanja Šolić (Zagreb)

Danko Žuvela (Vela Luka)

Krešo Žuvela (Vela Luka)

PROGRAMSKI i RECENZENTSKI ODBOR / PROGRAMME and REVIEW COMMITTEE:

Krešimir Grilec (Zagreb) – predsjednik / president

Vesna Alar (Zagreb)

Danko Ćorić (Zagreb)

Maurice Grech (Malta)

Hrvoje Ivanković (Zagreb)

Vinko Ivušić (Zagreb)

Suzana Jakovljević (Zagreb)

Jaroslav Jerz (Slovak Republic)

David Kennedy (Dublin, Ireland)

Frankica Kapor (Zagreb)

Zoran Kožuh (Zagreb)

Igor Majnarić (Zagreb)

Gojko Marić (Zagreb)

Jan Meneve (Mol, Belgium)

Diana Milčić (Zagreb)

Simon Montgomery (Dublin, Ireland)

Zdravko Schauerl (Zagreb)

František Simančík (Bratislava, Slovak Republic)

Ivo Štepanek (Czech Republic)

Dražen Živković (Split)



Open lecture at MATRIB 2011 was given by

Mr. MARK J. SURYAN, PE, president of Dynamark Engineering, Inc, USA.

Focus of his presentation was on transitioning from academia and from being employed as a company engineer to starting and maintaining a professional consultancy for commercial clients, community service, and for litigation. He also outlined the activities of his enterprise to serve the local community in the Seattle metropolitan area.

SADRŽAJ

A. Adamčiková, J. Harnúšková, F. Simančík, R. Florek, M. Nosko: STABILIZATION OF ALUMINIUM MELT.....	1
T. Aleksandrov Fabijanić, Ž. Alar, M. Franz: INVESTIGATION OF THE REFERENCE HARDNESS BLOCK QUALITY.....	2
A. Begić Hadžipašić, H. Hadžipašić, S. Vrbanjac: UTJECAJ MEDIJA I MIKROSTRUKTURE NA KOROZIJSKO PONAŠANJE DVOFAZNIH ČELIKA.....	11
C. Briody, Dr. B. Duignan, Dr. S. Jerrams: CHARACTERISATION, MATERIAL MODELLING AND SIMULATION OF FLEXIBLE POLYURETHANE FOAM.....	23
D. Culliton, D. Kennedy, A. Betts: PROCESS REFINEMENT THROUGH DESIGN OF EXPERIMENTS (TAGUCHI) TO REDUCE POROSITY LEVELS OF THIN FLAME SPRAY NICRBSI COATINGS ON CAST ALUMINIUM ALLOYS.....	37
M. Čavojský, M. Balog, F. Simančík, P. Švec, E. Illeková, J. Dvořák: THE STRUCTURE AND CREEP DEFORMATION CHARACTERISTICS OF RAPIDLY SOLIDIFIED AL ₉₂ Fe ₈ BULK PROFILES.....	53
M. Čikara, M. Šiljeg, M. Kukučka: PILOT ISTRAŽIVANJE KORIŠTENJA NANOFILTRACIJSKIH MEMBRANA ZA OBRADU PODZEMNIH VODA BARANJE.....	60
N. Dimitrov, T. Vulić, Z. Hrnjak-Murgić: ASSESSMENT OF OVERALL MIGRATIONS FROM MULTILAYER ALUMINUM / POLYMER LAMINATE TO ACID FOODS.....	66
N. Dolić, F. Unkić, I. Sudec: UTJECAJ VREMENA HOMOGENIZACIJE NA MIKROSTRUKTURNA I VLAČNA SVOJSTVA ALUMINIJSKE SLITINE EN AW-5083.....	76
M. Erceg, Ž. Šalov, L. Minić: UTJECAJ EKSTRUDIRANJA NA TOPLINSKE KARAKTERISTIKE I KINETIKU TOPLINSKE RAZGRADNJE POLIETILENA VISOKE GUSTOĆE.....	90
T. Haramina, A. Pilipović, T. Jelavić, T. Šolić: RECIKLIRANJE OTPADA OD DISKONTINUIRANIH E-STAKLENIH VLAKANA U GRAĐEVINSKIM MATERIJALIMA.....	103

T. Holjevac-Grgurić, V. Rek, I. Brnardić: THE EFFECT OF SEBS BLOCK COPOLYMER ON MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF POLYPROPYLENE.....	115
M. Ilić, Z. Schauperl, S. Šolić: KARAKTERIZACIJA IZOTERMIČKI POBOLJŠANOG NODULARNOG LIJEVA.....	126
D. Ivaniš, Z. Schauperl, S. Šolić: OTPORNOST NA TROŠENJE PREVLAKA DOBIVENIH HVOF POSTUPKOM.....	136
M. Jakopčić, D. Babić: TEHNOLOŠKI POSTUPCI IZRADE I POPRAVKA ZRAKOPLOVNIH DIJELOVA OD KOMPOZITNIH MATERIJALA.....	146
J. Jerz: PLATFORM INNOVMAT SUPPORTS INDUSTRIAL ENTERPRISES BY APPLICATION OF ADVANCED ENGINEERING MATERIALS.....	154
D. Jozić, I. Knezović, S. Bernstorff: KINETICS OF CEMENT HYDRATION WITH REPLACEMENT ADDITION OF FLY ASH INTO AQUEOUS SUSPENSION SYSTEMS.....	159
D. Jozić, J. Mandić, D. Tibljaš, S. Bernstorff: REUSE OF FLY ASH IN THE PREPARATION OF GEOPOLYMERS.....	167
F. Kapor, P. Jelić, G. Pustaj, V. Alar: USPOREDBA DJELOTVORNOSTI RAZLIČITIH INHIBITORA KOROZIJE U ZAŠTITI UGLJIČNOG ČELIKA.....	178
Z. Katančić, A. Ptiček Siročić, G. Marić, Z. Hrnjak Murgić: MECHANICAL PROPERTIES OF ELASTOMER MODIFIED WOOD PLASTIC COMPOSITES.....	187
D. M. Kennedy, E. Coyle, D. Breen: ROBOT KINEMATICS OF THERMAL SPRAYING	194
J. Kevelj, L. Haznadarević: PRILOG OPTIMIZACIJI PARAMETARA OBRADNE BRUŠENJEM Ti – LEGURA.....	200
Lj. Kratofil Krehula, M. Dukić, J. Jelenčić: PHOTOCHEMICAL STABILIZATION OF WOOD PLASTIC COMPOSITES.....	205
D. Krumes, Š. Klarić, I. Kladarić, H. Hadžiahmetović, K. Duga: UTJECAJ NORMALIZACIJE NA STRUKTURU ZAVARENOG SPOJA KOD ELEKTROLUČNOG ZAVARIVANJA SVORNJAKA.....	214

M. Kostanjevec, D. Sajko, V. Rede, L. Ćurković: KEMIJSKA POSTOJANOST KERAMIČKIH DIMOVODNIH CIJEVI.....	221
P. Krížik, M. Baloga, F. Simančík, T. Švantner: THE EFFECT OF EXTRUSION TEMPERATURE ON YOUNG'S MODULUS OF AL/SICP COMPOSITE.....	228
M. Labor, V. Martinac, J. Jakić: EXAMINATION OF ACTIVATED SINTERING OF SEAWATER-DERIVED MAGNESIUM OXIDE	235
I. Lozić, T. Penović, S. Kurajica: APPLIANCE OF TAGUCHI METHOD OF EXPERIMENT DESIGN ON ALUMINA POWDER PREPARATION PROCESS USING SPRAY-DRIER	243
Z. Lukić, N. Mrvac, M. Matijević, P. Miljković: TRŽIŠNI RAZVOJ FLEKSOGRAFSKOG TISKA.....	250
I. Majnarić, S. Bolanča, M. Morić, B. Sviličić: KOLORIMETRIJSKA ANALIZA UV LAKIRANE RIGIDNE VINILNE PODLOGE PRETHODNO OTISNUTE U TEHNICI OFSETNE ELEKTROFOTOGRAFIJE.....	256
M. Majić, A. Mulabdić, L. Ćurković: ANALIZA ENERGETSKE BILANCE PRI MJERENJU KNOOPOVE TVRDOĆE ALUMINIJ OKSIDNE KERAMIKE.....	266
J. Malina, A. Begić Hadžipašić, H. Otmačić Ćurković: UTJECAJ VODIKA NA MEHANIČKA SVOJSTVA I IMPEDANCIJU TRIP ČELIKA.....	277
V. Mandić, E. Tkalčec and S. Kurajica: THE INFLUENCE OF CALCINATION TEMPERATURE ON SOL-GEL DERIVED MULLITE...	290
G. Marić, K. Gašparić: SVOJSTVA DRVO POLIMERNOG KOMPOZITA.....	297
G. Marić, A. Tkalec: RAZVOJ I IZRADA UREĐAJA ZA ISPITIVANJE KLIZNOG TROŠENJA KOD PRAVOCRTNOG GIBANJA.....	310
A. Milinović, K. Grilec, D. Glavaš, V. Marušić: TRIBOLOŠKI PRISTUP PROBLEMU OŠTEĆIVANJA CIJEVI U KOTLOVIMA LOŽENIM KOMUNALNIM OTPADOM.....	319

M. Mikota, I. Pavlović, M. Matijević, M. Milković: UTJECAJ IZBORA TEKSTILNE PODLOGE ZA ISPIS NA KARAKTERISTIKE ISPISA FOTOGRAFIJA REALIZIRANIH INDIREKTNIM INK JET ISPISOM UZ KORIŠTENJE TERMIČKI AKTIVIRAJUĆEG MASTERA.....	330
M. Mikota, I. Pavlović, G. Kozina, M. Tomiša: DORADA PODLOGE ZA ISPIS KAO MODULATOR CESIE I DOŽIVLJAJA BOJA FOTOGRAFIJA REALIZIRANIH Hi Fi BUBBLE JET ISPISOM.....	338
V. Novosel – Radović, †A. Belić, N. Radović, A. Iharoš: OŠTEĆENJE CIJEVI 316 L.....	346
M. Nožić, H. Đukić, E. Čolaković: EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE UTICAJA REŽIMA TERMIČKE OBRADJE NA SILU IZVLAČENJA.....	354
V. Očelić Bulatović, V. Rek, K. Jurkaš Marković: RHEOLOGICAL PROPERTIES OF STRENE BUTADIENE STYRENE MODIFIED ROAD BITUMEN.....	366
K. Petric Maretić, N. Knežević, D. Modrić, D. Vusić: ODREĐIVANJE VRIJEDNOSTI PARAMETARA MODELA POVRŠINE TISKOVNIH PODLOGA.....	375
P. Previšić, K. Grilec, S. Jakovljević: ISKORISTIVOST APSORPCIJE ENERGIJE ALUMINIJSKIH PJENA.....	381
D. Prusac, J. Stepanić: NACIONALNI EDUKACIJSKI PROJEKT MOBILNE ROBOTIKE „LIGA KUMPANJA“	386
A. Ptiček Siročić, A. Rešček, Z. Hrnjak-Murgić, J. Jelenčić: POLYETHYLENE/NANOCCLAYS/ZEOLITE NANOCOMPOSITES IN FOOD PACKAGING APPLICATION.....	394
A. Rogina, N. Ukrainczyk, T. Matusinović: SBR LATEX REPAIR MORTAR PROPERTIES.....	401
G. Rozing, A. Pintarić, V. Marušić: MOGUĆNOST PRIMJENE NEKIH ČELIKA ZA IZRADU ELEMENATA LANCA IZLOŽENIH AGRESIVNOM DJELOVANJU MEDIJA.....	411
B. Runje, V. Alar, I. Grdenić: ANALIZA REZULTATA MJERENJA DEBLJINE PREMAZA SUKLADNO NORMI ISO 5725...	420

S. Salopek, L. Ćurković, S. Šegota: ANALIZA SOL-GEL TiO ₂ PREVLAKA NA ČELIČNOJ PODLOZI MIKROSKOPIJOM ATOMSKIH SILA.....	427
L. Savić, V. Rede: UTJECAJ USMJERENOSTI STRUKTURE DUPELEKS ČELIKA NA MIKROTVRDOĆU.....	437
L. Senčeková, K. Iždinský, M. Zemánková: PHASE TRANSFORMATIONS IN THE MO-SI BINARY SYSTEM DUE TO SOLID (MO) – LIQUID (SI) REACTION.....	443
Lj. Slokar, T. Matković, P. Matković: ALLOYING AND HEAT TREATMENT EFFECTS ON THE MICROSTRUCTURE AND HARDNESS OF BIOMEDICAL TITANIUM ALLOYS.....	450
A. Stojaković, Z. Glavaš, F. Unkić, K. Terzić: THE EFFECTS OF CASTING SECTION SIZE AND METALLIC CHARGE MATERIALS ON MICROSTRUCTURE OF DUCTILE IRON.....	457
K. Šimunović, J. Brusač, T. Šarić, G. Šimunović: PRIMJENA PLINSKOG NAŠTRCAVANJA U ODRŽAVANJU STROJA ZA PROIZVODNJU PAPIRA.....	471
M. Šnajdar, S. Ćimić: ISPITIVANJE TRIBOLOŠKIH KARAKTERISTIKA DENTALNIH NAGRIZNIH UDLAGA.....	479
A. Štrkalj, A. Rađenović, J. Malina: ADSORPCIJA SMJESE Ni (II) I Cr (VI) IONA NA ANODNOJ PRAŠINI -TERMODINAMIČKA STUDIJA.....	488
T. Tomašegović, T. Cigula, S. Mahović Poljaček, M. Gojo: UTJECAJ EKSPozICIJA NA MEHANIČKA SVOJSTVA KLIŠEJA ZA FLEKSOTISAK OD TEKUĆIH FOTOPOLIMERA.....	495
N. Ukrainczyk: 3D MODELING OF TRANSPORT PHENOMENON IN CEMENT BASED MATERIALS.....	502
N. Ukrainczyk, S. Sabo: LABORATORY MADE DIFFERENTIAL CALORIMETER TO STUDY CEMENT HYDRATION	515
A. Vencl: FERROUS-BASED COATINGS FOR ENGINE CYLINDER BORES MADE OF ALUMINIUM ALLOYS: TRIBOLOGICAL PROPERTIES.....	527

N. Vrbos, N. Ukrainczyk, J. Šipušić: EFFECT OF ORGANIC ADDITIVES ON HYDRATION OF ALUMINATE CEMENT	536
L. Vrsalović, M. Tolo, S. Gudić: UTJECAJ TEMPERATURE ELEKTROLITA NA KOROZIJSKO PONAŠANJE NEHRĐAJUĆEG ČELIKA AISI 316L.....	549
N. Vukojević Medvidović, M. Ugrina, I. Nuić, A. Bosnić: THE EFFECT OF INITIAL ZINC CONCENTRATION AND COAGULANT DOSE ON ZINC REMOVAL FROM AQUEOUS SOLUTIONS	558
Z. Zovko Brodarac, T. Holjevac Grgurić, V. Kalauz, F. Unkić: TERMODINAMIKA SKRUĆIVANJA ALSI11CU2(FE) LEGURE.....	566
J. Župan, T. Filetin, D. Landek: COOLING CHARACTERISTICS OF THE WATER BASED NANOFUIDS IN QUENCHING.....	575

**KOLORIMETRIJSKA ANALIZA UV LAKIRANE RIGIDNE VINILNE
PODLOGE PRETHODNO OTISNUTE U TEHNICI OFSETNE
ELEKTROFOTOGRAFIJE****COLORIMETRIC ANALYSIS OF UV VARNISHED RIGID SUBSTRATE
PREVIOUSLY PRINTED IN THE TECHNIQUE OF OFFSET
ELECTROPHOTOGRAPHY****Majnarić Igor¹, Bolanča Stanislav¹, Morić Marko², Blaž Sviličić²**¹*University of Zagreb Faculty of Graphic Arts, Getaldićeva 2, 10 000 Zagreb, Croatia*²*Agencija za komercijalnu djelatnost, Savska cesta 31, 10000 Zagreb, Croatia**Stručni članak/ Professional paper***SAŽETAK:**

U ovom radu analizirana je mogućnost hibridnog otiskivanja na vinilnih tiskovne podloge sa dvije najzastupljenije Nip tehnike otiskivanja (Elektrofotografije i Ink Jet-a). Eksperimentalni otisci tako su nastali otiskivanjem na elektro-fotografskom HP Indigo stroju (tekući toner), koji su radi bolje uočljivosti premazani s različitim nanosom UV sušećeg laka (Roland UV LEC 300). U radu su istražene promjene kolornih gamuta (ΔV), te je analizirana razlika u obojenju karakterističnih tonova ΔE_{00} CMYK RGB (u punom tonu i 50% rasteru). Iako potpuno UV lakiranje daje najveći prostorni gamut, dijelomično pokrivanjem sa UV lakom ostvariti će ekonomski prihvatljivije rezultate (porast gamuta za $\Delta V_{0-66\%}=105422$). Deblji nanosi UV laka (200%) apsolutno neće imati smisla, jer se osim veće potrošnje smanjuje i prostorni gamut ($\Delta V_{100\%-200\%}=891$). Kolorne promjene su izraženije u crnim, magentnim i ljubičasto-plavim tonovima, što je posebice vidljivo u 50% RTV-a.

Ključne riječi: UV lakiranje, tisak na vinil, gamut, ΔE_{00} , hibridni tisak**SUMMARY:**

The possibility of the hybrid printing on vinyl printing substrates in two most represented NIP printing techniques (Electrophotography and InkJet) is analyzed in this article. The produced prints were printed in Electrophotography with the liquid toner (HP Indigo 2000) and because of better noticeability they are coated with different coating of UV cured varnish (Roland UV LEC 300). The changes of the color gamut (DV) were investigated and the colour difference of the characteristic tones ΔE_{00} (CMYK RGB in solid tone and 50% in screen) were analyzed in details. Although the total UV varnishing gives maximal space gamut, partly coverage with UV varnish will realize the economic acceptable results (increase of gamut for $\Delta V_{0-66\%}=105422$). Thicker UV varnish coverage (200%) has no sense, because except greater consumption of UV varnish, the space gamut is decreased ($\Delta V_{100\%-200\%}=891$). The colour changes are more expressed in magenta and violet – blue tones what is especially visible in 50% screen areas.

Key words: UV varnishing, printing on vinyl, gamut, ΔE_{00} , hybrid printing

1. Uvod

Hibrini proces otiskivanja temelji se na sinhroniziranom otiskivanju sa više tiskarskih tehnologija. Pritom se primjenjuju dvije ili više tiskarskih jedinica koje moraju biti kompatibilne po brzini otiskivanja, a samim time su prilagođene za obradu rigidnih tiskovnih podloga (vinil). Samim time su pogodne za prihvaćanje različitih tipova tiskarskog bojila. U ovom radu analiziran je mogućnost korištenja hibridnog tiska u kombinaciji elektrofotografije i piezo Ink Jeta, pri čemu se nanašaju tekuća Electroink bojila (črtverbojni otisak) i UV sušeci lak (formira se dodatni efekat sjaja). Cilj ovoga rada je sagledati učinak UV lakiranja te utvrditi njegov utjecaj na kolorne vrijednosti prethodno otisnutog bojila. Različita količina nanesenog UV laka te njezina pokrivenost utjecati će na površinska svojstva vinilne plastike, pri čemu je promjena tonova jedna od ključnih za grafičku industriju (1)

2. Teoretski dio

U cilju postizanja novih i kvalitetnijih grafičkih proizvoda u proizvodnom procesu tiska potrebno je primjeniti hibridne tiskarske strojeve. Hibridni tisak temelje se na potpuno novim tiskarskim konstrukcijama koje primjenjuju dvije ili više tehnologija otiskivanja. Pritom se proizvodni proces može izvoditi in-line (u jednom prolazu tiskovne podloge izvode se sva otiskivanja) ili out-line (sva otiskivanja izvode se u nekoliko prolaza tiskovne podloge kroz tiskarske strojeve). Produktivnost hibridnih In-line strojeva mnogo je veća, međutim zbog brzine otiskivanja i mehanizma sušenja ograničen je broj tiskarskih tehnologija koje se mogu povezivati. (2)

Od NIP (Non Impact Printing) tiskarskih tehnologija u obzir dolazi spajanje onih koje posjeduju identičnu proizvodnu brzinu i mogućnost otiskivanja istih tiskovnih podloga. Mogućnost tiska na neupojnim tiskovnim vrlo je komplicirana, te kako bi se izbjeglo razljevanje bojila primjenjuju se tiskarske tehnologije čija bojila suše trenutačno (elektrofotografija i UV Ink Jet). (3)

U elektrofotografskom tisku primjenjuju se praškasta i tekuća bojila (toneri). Ona tijekom tiskarskog procesa moraju biti selektivno prihvaćena na fotoreceptor. Zbog negativnog naboja tonera, prihvaćanje će biti obilnije na pozitivnijim djelovima fotoreceptora, a samim time i na tiskovnu podlogu (zbog djelovanja transfer korone koja je ispod tiskovne podloge). Trenutno fiksiranje tonera ostvariti će se mehaničkim i toplinskim utiskivanjem. Primjenom visokih temperatura doći će do promjene viskoziteta bojila, te lakšeg fiksiranja za tiskovnu podlogu. (4)

Zahvaljujući svom sastavu, ElectroInk tekuće bojilo izvrsno se prihvaća za različite tiskovne podloge. ElektroInk je mješavina termalnog polimera (24 - 29%), koji je disperziran u nepolaranom hlapljivom ulju (70-75%). Djelovanjem topline ($T=125^{\circ}\text{C}$) doći će do gubitka nepolarnog izoparafinskog ugljikovodika, a samim time i do procesa plastifikacije. Time polimer postaje optimalan za prihvaćanje na tiskovnu podlogu. Prihvaćanje na rigidne materijale pomaže karakterističan zvjezdasti oblik čestica pigmenta čija veličina iznosi od 0,1 do 5 μm . (5)

Ink Jet tehnika otiskivanja je beskontaktni način otiskivanja, gdje se primjenjuje tekuće bojilo. Prilikom otiskivanja najmanje čestice bojila (kapljice) prolaze kroz uske mlaznice, te se direktno nanašaju na tiskovnu podlogu. Tehnološki gledano princip nanašanja tekućina može se izvoditi na dva načina: kontinuiranim mlazom i kapanjem na zahtjev. (6)

Trenutnu promjenu iz tekućeg u kruto stanje (sušenje kapljica boje) moguće je izvršiti UV sušenjem. UV sušuća bojila obično sadrže: 15-20% pigmenta, 10-25% veziva (monomeri, oligomeri), 20-35% otapala (prepolimer) i 6-15% dodataka. U tom slučaju dodaci boja u svom sastavu moraju sadržavati fotoinicijatore (5-10%). Pri izlaganju sa UV elektromagnetskim zračenjem, fotoinicijatori će osloboditi radikale koji će reagirati sa vezivom, započinjajući proces polimerizacije. Kada bojilo izložimo dužem UV zračenju (10 do 400 nm) kemijski aktivnija strana molekule veziva (dvostruka alkenaska veza) će biti podvrgnuta polimerizaciji. Takva polimerizacija neće biti uspješna bez prethodnog djelovanja fotoinicijatora. Da se postigne iskoristivost radikala, potrebno je dodati donorski proton (amin), koji će stvoriti sinergiju između dvije substance. Takva sinergija je osnovna karakteristika za UV bojila, te se ostvaruje dodatkom foto inicijatora kao što su: benzil, benzofenon i isopropilni tioksanton. (7)

Time se UV sušućim bojilima omogućuje veća primjenjena jer se smanjuje emisija otapala, veći je sjaj nastalih otiska, a i eliminira se dodatno zagrijavanje tiskovne podloge. Zbog toga je primjena UV lakiranja jedna od važnih faza kojom se može stvoriti dodatna vrijednost na grafičkim proizvodima (sjaj i zaštita od mehaničkog otiranja). Ovaj rad usredotočen je na analizu utjecaja nanosa laka, te kako se on manifestira na kolorna svojstva otisnutih vinilnih podloga.

3. Eksperimentalni dio

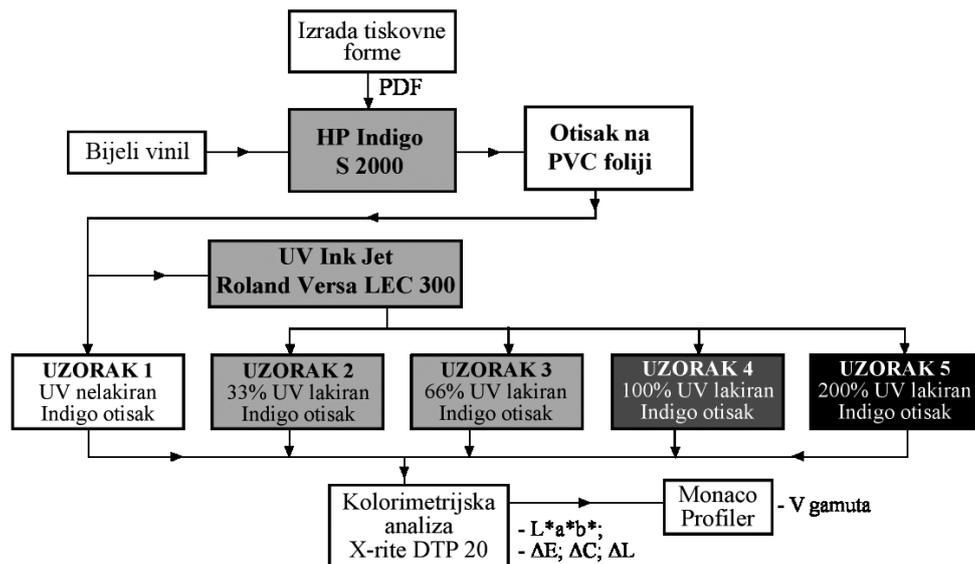
Za potrebu istraživanja napravljena je specijalna tiskovna forma koja sadrži: standardni CMYK RGB stepenasti klin (u rasponu od 10 do 100% RTV) i 378 definiranih polja (za izradu ICC profila). Eksperimentalni otisci napravljeni su na prethodno kalibriranom elektrofotografskom stroju HP Indigo S 2000, nakon čega je nastupilo eksperimentalno otiskivanje. Pritom je korištena Tekrina Dura-go Pentakard tiskovna podloga. Riječ je o 600 μm bijeloj mat vinilnoj plastici koja je premazana sa slojem pogodnim za prihvaćanje ElectroInk bojila.

Za eksperimentalno UV lakiranje korišten je UV Ink Jet printer-cutter Roland Versa LEC 300 koji uz standardni CMYK koristi i UV lak i UV bijelu boju. U VersaWork RIP-u definirani su slijedeći parametri lakiranja: mod (gloss), rezolucija (740 x 740 dpi), kretanje glave (unidirection), metoda rastriranja (dither).

Na taj način formirana su 5 karakteristična uzoraka: otisci bez nanešenog laka (uzorak 1), otisci sa površinskom pokrivenošću od 33% (uzorak 2), otisci sa površinskom pokrivenošću od 66% (uzorak 3), otisci sa površinskom pokrivenošću od 100% (uzorci 4) i otisci sa površinskom pokrivenošću od 200% (uzorci 5).

Optička svojstva lakiranih i ne lakiranih papira izmjerena su sa kolorimetrijskim uređajem X-rite DTP 20 (mjerna geometrija 0/45° i standardni promatrač 10°). Tako su dobiveni CIE Lab rezultati iz kojih je izračunat: volumen gamuta, razlika u obojenju (CIE ΔE_{00}), razlika u kromatičnosti CIE ΔC_{00} , te promjena u svjetloći CIE ΔL_{00} . U preciznijoj analizi sagledano je

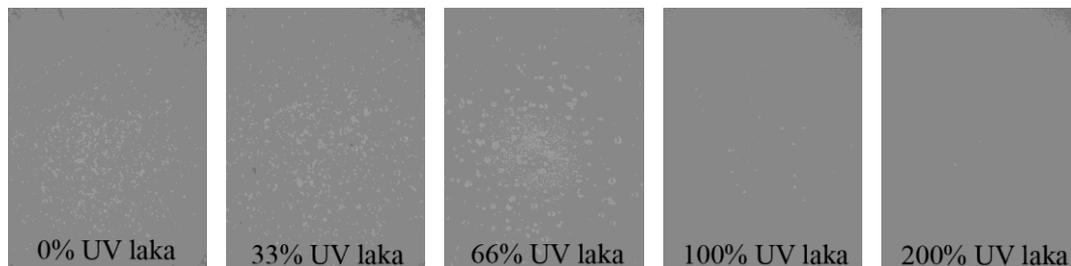
7 osnovnih kolornih područja CMYK RGB u dva tonska polja (puni tonovi i 50% RTV), te tiskovna podloga.



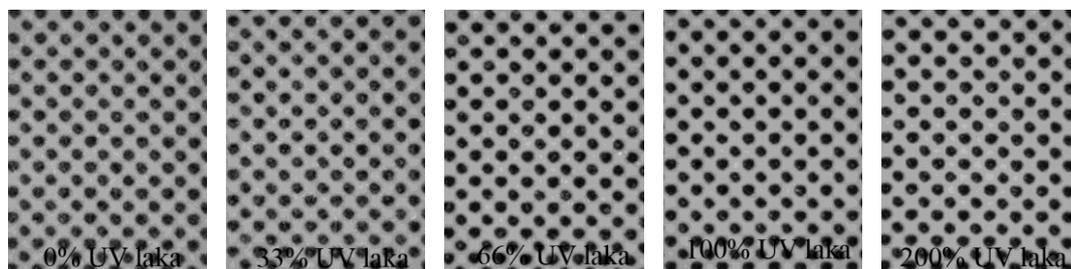
Slika 1. Shematski prikaz izvršenog eksperimenta

4. Rezultati i diskusija

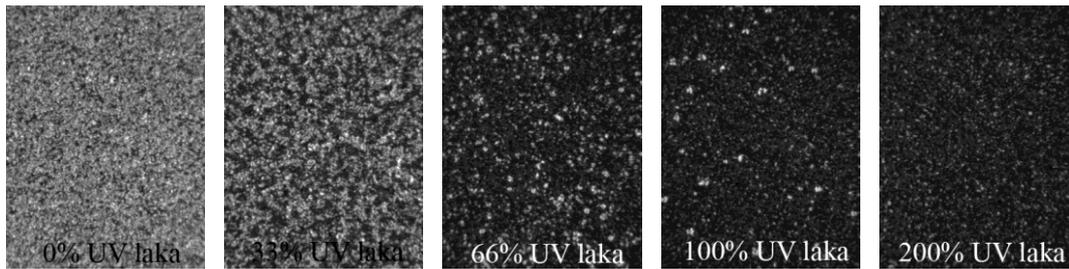
Eksperimentalnim hibridnim otiskivanjem ElectroInka i UV sušeg laka dati će znatne kolorne promjene. Slike 2, 3 i 4 prikazuje tri karakteristične površine (tiskovna podloga, 100% otisnuta crna i 50% otisnuta crna) koje su lakirane sa 5 pokrivenosti: bez UV laka, 33% UV laka, 66% UV laka, 100% UV laka i 200% UV laka.



Slika 2. Fotografije vinilne podloge (povećanje 200 x) nastale otiskivanjem na HP Indigo S-2000 i lakirane UV Ink Jet printerom Roland UV LEC 300.

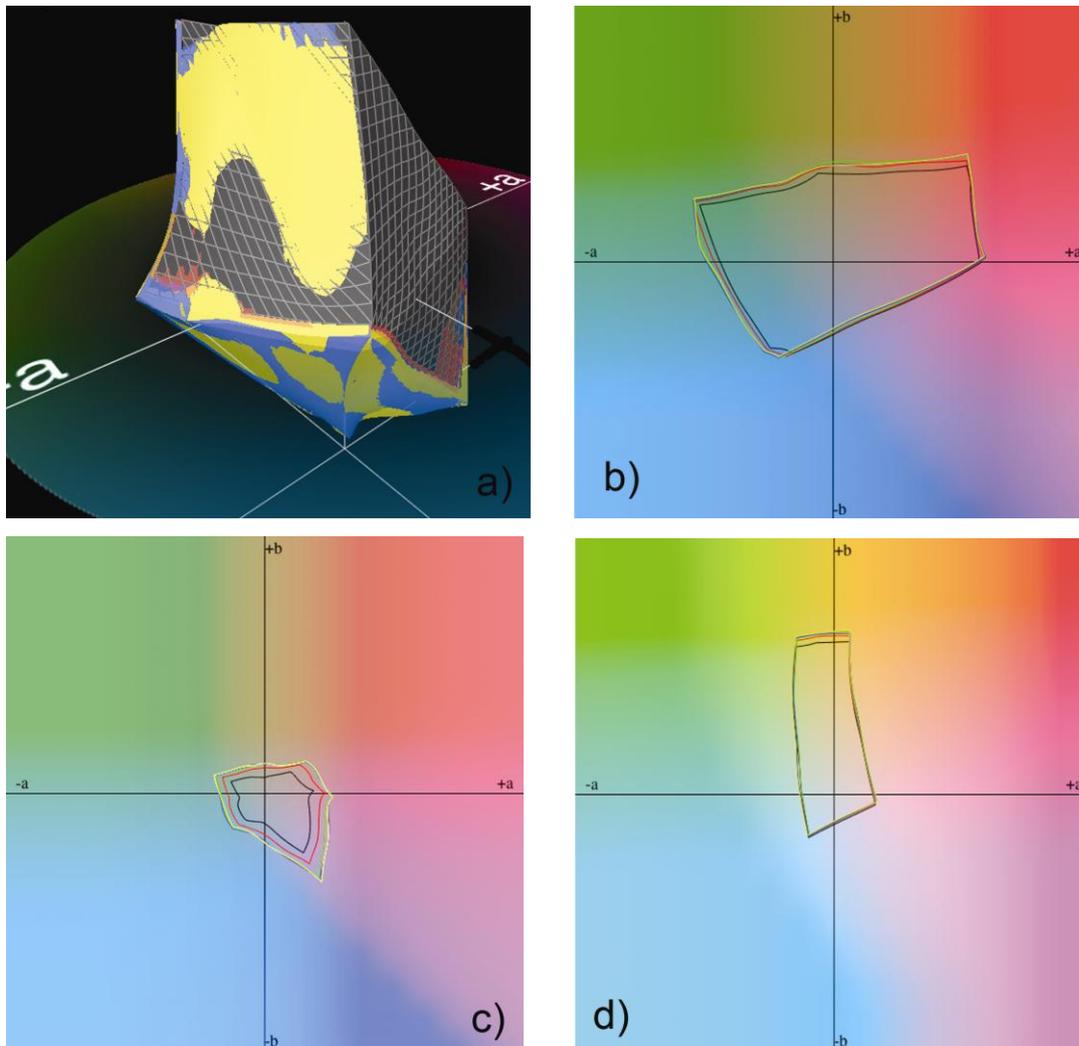


Slika 3. Fotografije 50% otisnutog crnog otiska (povećanje 200 x) nastalog otiskivanjem na HP Indigo 2000 i UV Ink Jet printeru Roland UV LEC 300.



Slika 4. Fotografije 100% otisnutog crnog otiska (povećanje 200 x) nastalog otiskivanjem na HP Indigo 2000 i UV Ink Jet printeru Roland UV LEC 300.

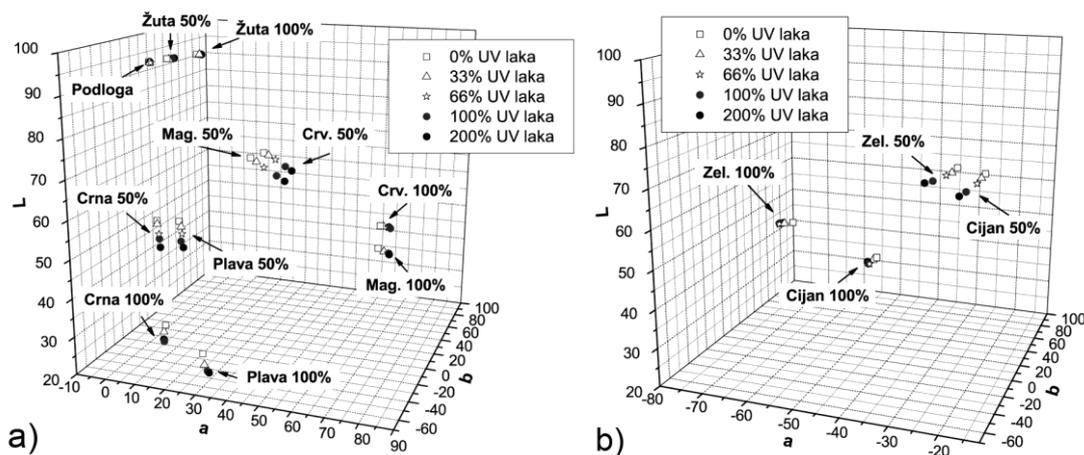
Kvaliteta djelovanja UV sušućih lakova indirektno se prati uspješnošću reproduciranja suptraktivnih i aditivnih boja. Pritom se standardno koristi ECI tiskovna forma na kojoj se nalazi 378 različito definiranih polja (tonova). One sadržavaju različite kombinacije četiri procesne boje (25% 50%, 75% i 100% RTV-a). Njihovom matematičkom obradom stvoreno je 3D tijelo (gamut) koje u CIE LAB prostoru pokazuje odstupanja unutar reproduciranih tonova (slika 4). (8)



Slika 4. Prostorni gamut UV lakiranih HP Indigo otisaka: a) 3D prikaz gamuta b) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=50% c) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=20% d) 2D presjek gamuta pri svjetloći L=80%

Općenito gledano proces lakiranja povećati će se vrijednosti gamuta. Različitim površinskim nanašanjem UV sušećih lakova, na HP Indigo otiscima formirani su slijedeći gamuti: $V_{0\%UV}=669498$; $V_{33\%UV}=733401$; $V_{66\%UV}=774920$; $V_{100\%UV}=772985$ i $V_{200\%UV}=772094$ gamutnih jedinica. Pritom je najveća razlika nastala rastriranim lakiranjem ($\Delta V_{0\%-66\%UV}=105422$). Veliki nanosi UV laka (100 i 200%) neće ostvariti značajno povećanje tonova, te će doći i do minimalnog smanjenja ($\Delta V_{100-200\%}=891$ gamutne jedinice). Male promjene nastaju u svim tonskim područjima, a posebice kod onih čija je svjetloća manja od $L=50$.

Precizno određivanje promjene tonova moguće je izvršiti samo spektro-fotometrijskim uređajima (slika 5). Pri toj mjernoj metodi usredotočava se na analizi cijan, magentnih, žutih, crnih, crvenih, zelenih i ljubičasto-plavih tonova (u punom tonu i u rasterskom području od 50% RTV-a).



Slika 5. CIE LAB vrijednosti CMYK RGB tonova nastalih UV lakiranjem HP Indigo otisaka:
 a) područja sa pozitivnom vrijednošću kordinate a^* b) područje sa negativnom vrijednošću kordinate a^*

Za lakše praćenje rezultata, uzorci nastali sa UV lakiranjem komparirani su sa otiscima koji na sebi nemaju nanešen lak (tablica 1). Pritom su izračunate razlike u obojenju (ΔE_{00}), razlike u kromatskim vrijednostima (ΔC_{00}) te promjene nastale u svjetlini (ΔL_{00}). (9)

Tablica 1. Razlike u obojenju tiskovnih podloga nakon izvršenog UV lakiranja

Podloga + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}
P_0% lak - P_33% lak	0.89	0.15	0.66
P_0% lak - P_66% lak	1.24	0.19	1.03
P_0% lak - P_100% lak	1.34	0.02	0.72
P_0% lak - P_200% lak	1.86	0.14	0.74

UV lakiranjem vinila (podloge bez nanešenog bojila) neće dati značajne kolorne promjene. Promjenu tona koja je okom vidljiva nastati će s ekstremnim količinom UV laka (200%). Promjene nastala po kromatičnosti su izraženije, što znači da je došlo do laganog pomaka u smjeru $-b$ (žuta).

Tablica 2. Razlike u obojenju cijan punih tonova i cijan rasterskih tonova (50%) nakon izvršenog UV lakiranja

Cijan puni ton + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}	Cijan 50% RTV + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}
C_0% lak - C_33% lak	0.70	0.66	-0.14	C_0% lak - C_33% lak	0.88	0.80	-0.29
C_0% lak - C_66% lak	1.56	1.48	-0.41	C_0% lak - C_66% lak	1.91	1.70	-0.76
C_0% lak - C_100% lak	1.57	1.47	-0.42	C_0% lak - C_100% lak	3.72	3.04	-2.02
C_0% lak - C_200% lak	1.32	1.15	-0.32	C_0% lak - C_200% lak	4.73	3.81	-2.60

Najintezivnija devijacija cijan tona postići će se s pokrivenošću od 66% laka. Nastale devijacije veće su po svjetloći (L). Rastrirane površine lakiranjem doživljavaju ujednačeniju promjenu tona. Pritom se vizualno naizraženija promjena postiže s obilatim nanašanjem UV laka (200%).

Tablica 3. Razlike u obojenju magentnih punih tonova i magentnih rasterskih tonova (50%) nakon izvršenog UV lakiranja

Mag. puni ton + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}	Mag. 50% RTV + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}
M_0% lak - M_33% lak	1.08	0.90	-0.39	M_0% lak - M_33% lak	1.18	0.78	-0.69
M_0% lak - M_66% lak	1.64	1.30	-0.67	M_0% lak - M_66% lak	2.70	1.86	-1.51
M_0% lak - M_100% lak	1.76	1.34	-0.71	M_0% lak - M_100% lak	4.84	3.39	-2.91
M_0% lak - M_200% lak	2.26	1.77	-0.73	M_0% lak - M_200% lak	6.20	4.41	-3.82

Indigo otisak magente će UV lakiranjem doživjeti mnogo veće promjene. Vrijednošću će se isticati magente sa nanosom 33% i 200% laka. Promjena obojenja uglavnom nastaje po svjetlini. U svijetlim magentnim područjima (M=50%) nanašanje laka ujednačeno će utjecati na promjenu tona. Kromatičnost tona tako raste dok se svjetlina smanjuje. Maksimalnim UV nanosom tonska vrijednost magentnog rasterskog polja imati će ogromnu kolornu promjenu ($\Delta E > 5$). Prito je došlo i do očite pogreške u tonu.

Tablica 4. Razlike u obojenju žutih punih tonova i žutih rasterskih tonova (50%) nakon izvršenog UV lakiranja

Žuta puni ton + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}	Žuta 50% RTV + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}
Y_0% lak - Y_33% lak	0.69	0.13	-0.59	Y_0% lak - Y_33% lak	0.97	0.20	-0.89
Y_0% lak - Y_66% lak	1.05	0.22	-0.87	Y_0% lak - Y_66% lak	2.15	0.26	-2.01
Y_0% lak - Y_100% lak	1.17	0.12	-1.05	Y_0% lak - Y_100% lak	3.14	0.26	-3.05
Y_0% lak - Y_200% lak	1.25	0.24	-1.09	Y_0% lak - Y_200% lak	4.72	0.41	-4.62

Od procesnih boja žuti će UV lakiranjem imati najmanje promjene. Pritom se otisci sa 66%, 100% i 200% UV laka međusobno ne razlikuju. Svjetloća ovih tonova se ne mjenja, te je promjena nastala samo po kromatičnosti (po -b kordinati). Područje kreirano sa mnoštvom sličnih žutih elemenata imati će značajne kolorne promjene koje su vrijednostima gotovo jednake cijan rastriranom otisku.

Tablica 5. Razlike u obojenju crnih punih tonova i crnih rasterskih tonova (50%) nakon izvršenog UV lakiranja

Crna puni ton + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}	Crna 50% RTV + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}
K_0% lak - K_33% lak	1.74	1.45	-0.83	K_0% lak - K_33% lak	1.29	1.13	0.34
K_0% lak - K_66% lak	3.29	3.11	-0.99	K_0% lak - K_66% lak	4.04	3.92	0.97
K_0% lak - K_100% lak	3.46	3.35	-0.74	K_0% lak - K_100% lak	5.61	5.34	1.21
K_0% lak - K_200% lak	3.23	2.97	-1.16	K_0% lak - K_200% lak	8.01	7.70	1.65

Mali nanos UV laka (33%) će u akromatskom crnom tonu ostvariti okom vidljivu kolornu promjenu. U odnosu na ostala bojila, obilatijim nanosom laka stvoriti će se najveće kolorne promjene. Pritom se ekonomski isplativ optimum postiže sa 66% laka. Ekstremno velik nanos UV laka dati će negativan učinak, te će za posljedicu imati smanjenje uočljivosti crnog tona. Rastrirana crna površina lakiranjem će imati veću devijaciju u parametru svjetloće. To će imati za posljedicu ogromne tonske promjene, čime otisak postaje kontrasniji (tamniji).

Tablica 6. Razlike u obojenju crvenih punih tonova i crvenih rasterskih tonova (50%) nakon izvršenog UV lakiranja

Crv. puni ton + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}	Crv. 50% RTV + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}
R_0% lak - R_33% lak	0.82	0.38	-0.39	R_0% lak - R_33% lak	1.27	0.65	-0.87
R_0% lak - R_66% lak	1.97	0.96	-0.97	R_0% lak - R_66% lak	2.01	1.44	-1.39
R_0% lak - R_100% lak	2.10	1.20	-1.10	R_0% lak - R_100% lak	3.95	2.85	-2.59
R_0% lak - R_200% lak	2.15	0.92	-1.05	R_0% lak - R_200% lak	5.18	3.84	-3.33

Pri kolornom otiskivanju, spotna crvena boja nastaje otiskivanjem dva osnovna bojila (žute i magente). Pošto se tijekom otiskivanja prvo nanaša žuto bojilo, dodatno UV lakiranje će dati slične promjene tona kao i žuta (u 100% crvenom tonu najveće promjene tona postići sa pokrivenošću od 66% UV laka, dok će se u rastrskom polju najveća promjena postići sa 200% UV laka).

Tablica 7. Razlike u obojenju zelenih punih tonova i zelenih rasterskih tonova (50%) nakon izvršenog UV lakiranja

Zel. puni ton + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}	Zel. 50% RTV + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}
G_0% lak - G_33% lak	0.88	0.67	-0.57	G_0% lak - G_33% lak	1.17	1.03	-0.56
G_0% lak - G_66% lak	1.48	1.16	-0.91	G_0% lak - G_66% lak	2.19	1.80	-1.23
G_0% lak - G_100% lak	1.25	0.87	-0.88	G_0% lak - G_100% lak	4.08	3.19	-2.54
G_0% lak - G_200% lak	1.23	0.80	-0.85	G_0% lak - G_200% lak	5.42	4.02	-3.52

Od spotnih boja zelena će UV lakiranjem doživjeti najmanje promjene. Zbog značajnog udjela žute, 66% UV laka je optimalan za isticanje punog tona, dok će 100% nanos biti dovoljan za dobro isticanje svjetlo zelenih nijansi. Nastale promjene podjednako su izražene i po parametru svjetline i po parametru kromatičnosti.

Tablica 8. Razlike u obojenju ljubičasto-plavih punih tonova i ljubičasto-plavih rasterskih tonova (50%) nakon izvršenog UV lakiranja

h) Plav. puni ton + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}	Plav. 50% RTV + UV lak	ΔE_{00}	ΔL_{00}	ΔC_{00}
B_0% lak - B_33% lak	1.93	1.74	-0.67	B_0% lak - B_33% lak	1.47	1.37	-0.18
B_0% lak - B_66% lak	2.85	2.61	-1.16	B_0% lak - B_66% lak	3.09	3.01	-0.47
B_0% lak - B_100% lak	2.93	2.70	-1.12	B_0% lak - B_100% lak	5.05	5.03	-0.39
B_0% lak - B_200% lak	3.23	3.00	-1.18	B_0% lak - B_200% lak	6.67	6.61	-0.68

U odnosu na uzorak 1, ljubičasto plava boja će UV lakiranjem imati najviša odstupanja, vidljiva i ljudskim okom. Pošto je ljubičasto-plava kromatski najtamnija spotna boja, njeno UV lakiranje dati će promjene slične kao i akromatska crna. To znači 66% laka za puni ton i 100% laka za 50% rasterski ton.

U rezultatima općenito se uočava tendencija većih promjena u svijetlim tonskim područjima. U tiskarskom procesu svjetli tonovi nastaju procesom rastriranja, pri čemu se kontinuirani tonovi pretvaraju u jednotonske. Pri toj tranziciji novonastale površine sadrže mnoštvo sićušnih rasterskih elemenata koji su okruženi sa neotisnutim slobodnim površinama. Lakiranjem takvih površina utjecati će se i na promjenu tona podloge i na promjenu površine otisnute s rasterskim elementima. Zbrojeno takve površine dati će dvostruko veću kolornu pomjenu tona. Posebice je to uočljivo s potpunim nanosom UV laka na površine otisnute u tehnici elektrofotografije.

5. Zaključak

Hibridni tisak na bazi elektrofotografije (otiskivanje vinilnih površina) i piezo Ink Jeta (segmentno lakiranje) dati će dodatnu vrijednost grafičkim proizvodima. Za veće isticanje tonova preporučaju se slijedeće jednoslojne kolorne kombinacije: crna - UV lak i magenta - UV lak. Pri debljem nanosu procesnih bojila (dvostruki nanos) potrebno je izbjegavati nanašanje žute boje. To znači da će se najveća uočljivost postići kod UV lakiranja ljubičasto-plavih tonova.

Obrada Indigo elektrofotografskih otisaka sa različitom količinom UV sušećih lakova, dati će različite tonske promjene. Pritom će maksimalni nanos UV laka (200%) ostvariti najveće kromatske promjene. Iznimka je ekstremno nanašanje UV laka na crni ElectroInk i cijan ElektroInk. Ekonomsko najunčikovitiji efekat ostvariti će se 66% nanosom UV sušećeg laka (C,Y,K, R, G, B), dok će se za isticanje magentnog i bijelog obojenja (tiskovna podloga) trebati nanjeti 200% UV laka.

Kod Indigo otisaka sa 50% rastriranom površinom, naknadno lakiranje će dati veće kolorne promjene. Te razlike su i do tri puta veće u odnosu na lakirane pune tonove. To je posebice naglašeno kod akromatske crne.

Iako cjelokupno UV lakiranje otisnute površine daje maksimalni prostorni gamut, dijelomično pokrivanjem sa UV lakom ostvariti će ekonomski prihvatljivije rezultate (povećanje gamuta za $\Delta V_{0-66\%}=105422$). Deblje nanešenje UV laka (200%) apsolutno nema smisla, jer se osim veće potrošnje smanjuje prostorni gamut ($\Delta V_{100\%-200\%}=891$).

6. Literatura

1. Kipphan H., Digital Multicolor Printing and Printmedia Production – Status, Trends, Challenges and Innovations in Technology, Equipment and Market, Proceedings of 42nd FINAT World Congress, The Hague (NL) 1999.
2. Kipphan H., Handbook of Print Media, Springer - Verlag Berlin, Heidelberg, 2001., ISBN 9-783540-673262
3. Goldmann G., The World of Printers, Oce Printing Systems GmbH, Dusseldorf, Germany 2004. ISBN 3-00-001081-5
4. Chatow C., Udi C.; The Fundamentals of Indigo's Digital Offset Colour Printing Process and How it Rivals Mechanical Offset Printing, NIP18: Proceedings of International Conference on Digital Printing Technologies, IS&T, San Diego, California, 2002; p.p. 125-129; ISBN/ISSN: 0-89208-240-2
5. Landa B et al., Toner for use in composition for developing latent electrostatic images, method of making the same and liquid composition using improved toner, 1988, Patent United States 4,794,651, 27
6. Tracton A. A., Coatings Technology handbook, CRC Press 2006, , Boca Raton, USA (FL), pp. 25-1, ISBN 1-57444-649-5
7. Leach, R. & Pierce, R., The Printing Ink Manual, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1999, Netherlands, ISBN 0-948905-81-6
8. Majnaric et. al., Colorimetric Analysis of Electrophotographic Prints on PVC and Polycarbonate, 14. Conference on Materials, Process, Friction and Wear MATRIB 09, Vela Luka, Croatia, 2009, pp 120-128, ISBN 978-953-7040-15-4
9. Luo M. R., Cui G., Rigg B., The Development of the CIE 2000 Colour-Difference Formula: CIEΔE₂₀₀₀, Colour Research and Application, 2001, 26(5), pp.340.