

# Razvoj elemenata zaštite dokumenata separacijom boja za ultraljubičasti, vidljivi i bliski infracrveni spektar

---

Morić Kolarić, Branka

Doctoral thesis / Doktorski rad

2013

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:216:782909>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-26**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Branka Morić Kolarić

**RAZVOJ ELEMENATA ZAŠTITE DOKUMENATA  
SEPARACIJOM BOJA ZA ULTRALJUBIČASTI,  
VIDLJIVI I BLISKI INFRACRVENI SPEKTAR**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2013.



University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Branka Morić Kolarić

**DEVELOPMENT OF DOCUMENT PROTECTION  
ELEMENTS WITH THE SEPARATION OF  
COLORS FOR ULTRAVIOLET, VISIBLE  
AND NEAR INFRARED SPECTRUM**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2013.



Sveučilište u Zagrebu

GRAFIČKI FAKULTET

Branka Morić Kolarić

**RAZVOJ ELEMENATA ZAŠTITE DOKUMENATA  
SEPARACIJOM BOJA ZA ULTRALJUBIČASTI,  
VIDLJIVI I BLISKI INFRACRVENI SPEKTAR**

DOKTORSKI RAD

Mentorica: doc.dr.sc. Ivana Žiljak Stanimirović

Zagreb, 2013.





University of Zagreb

FACULTY OF GRAPHIC ARTS

Branka Morić Kolarić

**DEVELOPMENT OF DOCUMENT PROTECTION  
ELEMENTS WITH THE SEPARATION OF  
COLORS FOR ULTRAVIOLET, VISIBLE  
AND NEAR INFRARED SPECTRUM**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: doc.dr.sc. Ivana Žiljak Stanimirović

Zagreb, 2013.

## Zahvala

Iskrena zahvala mojoj mentorici doc. dr. sc. Ivani Žiljak Stanimirović na ukazanom povjerenju i prenesenom znanju kroz sve ove godine doktorskog studija.

Zahvaljujem se predsjedniku Povjerenstva za ocjenu i obranu izv. prof. dr. sc. Klaudiu Papu i svim članovima Povjerenstva za ocjenu teme i rada prof. dr. sc. Đurđici Parac Osterman, prof. dr. sc. Nikoli Mrvcu i doc. dr. sc. Mariu Barišiću na dobronamjernim primjedbama i sugestijama usmjerenim na podizanje znanstvene razine ovog rada.

Zahvaljujem se i svim kolegama i suradnicima u tvrtki Narodne novine d.d., a osobito mom direktoru Slavku Hainskom i predsjedniku Uprave Društva Petru Piskaču.

## Sažetak

Cilj ovog istraživanja je uvođenje novih metoda u grafičku tehnologiju kojima se kreiraju visoko zaštićeni dokumenti upravljajući bojilima u trima spektralno odvojenim područjima. Sigurnosna grafika sa separacijom za ultraljubičasti (UV), vidljivi (V) i bliski infracrveni (NIR) spektar razvijena je novim načinom miješanja bojila za ofsetni tisak. Kontrolirana i ciljano planirana sigurnosna grafika u istoj reprodukciji nosi tri informacije. Reprodukcijska u svom sadržaju ima dvije različite slike s trima stanjima prepoznavanja. Prvo stanje odnosi se na sliku koja se na otisku vidi golim okom. Drugo stanje odnosi se na skrivenu sliku koja se otkriva instrumentalno u ultraljubičastom području s valnim duljinama od 254 i 365 nm. Treće stanje skrivene slike otkriva se barijernim skeniranjem s valnom duljinom od 1000 nm.

Separacijom za ultraljubičasti spektar preko svojstva F bojila proširuje se CMYKIR separacija na UV, V i NIR područje. Nova metoda nazvana je CMYF separacija. Separacija je provedena s bojilima za ofsetni tisak s ciljem projektiranja, skrivanja i detektiranja informacija u područjima izvan vidljivog spektra. Iskorištena su svojstva bojila programiranjem strukture grafičkih elemenata stvaranjem nove grafičke zaštite sa skrivenim sadržajem. U projektiranju dokumenata i vrijednosnica postavljene su recepture i standardi s numeričkim veličinama za određivanje razlika između originala i krivotvorina. Razvijena je eksperimentalna postavka boje za CMYF separaciju sa ciljem skrivanja grafike u vizualnom spektru.

Eksperimentalnim metodama definirane su boje blizanci  $X_0$  i  $X_{40}$ , a recepture su određene vrstom papira, vrstom bojila i tiskarskom tehnologijom. Iz izračunatih i izmjerenih kolorimetrijskih vrijednosti procesnih bojila cijana, magente i žute koje u svom sastavu nemaju F bojila kreiran je ton boje  $X_0$ , dok boja blizanac  $X_{40}$  u svom sastavu ima definiranu vrijednost F bojila,  $F=40\%$ . Boje blizanci se u vizualnom spektru u potpunosti poklapaju, a utvrđena razlika u boji  $\Delta E$  manja je od dva. Numeričke veličine otisnutih tonova boje  $X_0$  i  $X_{40}$  određuju intenzitet fluorescencije i vrijednost Z faktora, te nose instrumentalno mjerljivu refleksiju i spektralnu informaciju F bojila.

Na istom elementu slike formirano je ultraljubičasto svojstvo i infracrveno svojstvo sa strogo zadanim vrijednostima u CIELab prostoru boja. Algoritamskim miješanjem procesnih bojila cijana, magente i žute sa F bojilom ostvareno je jedinstveno grafičko rješenje za sigurnosni zaštitni tisak dokumenata. Za svaku vrstu papira utvrđena je vlastita receptura za bojila. Svaka tiskovna podloga s otisnutim projektiranim CMYF bojilima daje sebi svojstvene rezultate.

Stvorena je skala novih bojila s novim svojstvima za zaštitni tisak. Projektirana je F/Z grafika pomoću tri različite informacije ciljano kreirane u jednoj slici.

U ovom radu utvrđena je nova grafička zaštita kroz konvencionalnu metodu tiska. Razinom inovativne zaštite F/Z efektom kreirani su dokumenti unikatnog oblika i sadržaja. Dizajn proizvoda kao što su vrijednosni i identifikacijski dokumenti, zaštićeni službeni obrasci i isprave, temom ovog rada proširuje se uvođenjem planiranih ultraljubičastih i infracrvenih tehnologija.

**Ključne riječi:** CMYF separacija, ultraljubičasti i bliski infracrveni spektar, F bojilo, F/Z grafike

## **Abstract**

The aim of this investigation is elaboration and introduction of the new methods in graphic technology, thus creating highly protected documents by ink management in three spectrally separated ranges. Security graphics for ultraviolet (UV), visible (V) and near infrared (NIR) spectra is developed with a new method of mixing the offset printing inks. Controlled and target planned security graphic carries three information in one reproduction. It contains two different images with three states of recognition. The first state is related to the image seen on the print by naked eye. The second state is related to the concealed image, which can be revealed instrumentally in ultraviolet range at wavelengths of 254 and 365 nm. Third state of the concealed image is revealed by barrier scanning at the wavelength of 1000 nm.

By the separation for the ultraviolet spectrum, through properties of the F ink, the CMYKIR separation is extended to UV, V and NIR range. The new method is named CMYF separation. It was carried out with offset printing inks, with the aim of planning, concealing and detecting of information in the areas outside the visible spectrum. Ink properties were utilized in programming the structure of graphic elements, thus creating the new graphic protection with the concealed contents. In planning of the documents and valuable formulations and standards are set up with numerical values for determination of differences between the original and the forgery. An experimental color set up is developed for CMYF separation, with the aim of concealing the graphic in the visible spectrum.

Twin colors  $X_0$  and  $X_{40}$  were defined by experimental methods, while the formulations were determined by the type of paper, type of ink and the printing technology. From the calculated and measured colorimetric values of process inks, cyan, magenta and yellow - which do not contain F ink - a color tone of  $X_0$  ink was created, while twin ink  $X_{40}$  has in its composition a pre-defined value of the F ink,  $F=40\%$ . In the visual spectrum twin inks are completely covering one another, while the determined color difference  $\Delta E$  is below 2.

The ultraviolet and the infrared properties were established on the same image element, with strictly determined values in the CIELab color space. By algorithmic mixing of the cyan, magenta and yellow process inks, a unique solution for the protective printing of the documents was achieved. A separate ink formulation was determined for each paper grade. Each print substrate with printed planned CMYF inks gives unambiguous results. A scale of new inks was created, with new characteristics for the protective printing. The F/Z graphic is designated facilitating three different information, intentionally created in one single image.

In this investigation a new graphic protection was established by the means of a conventional printing method. With the level of innovative protection by the F/Z effect, the documents of unique form and contents were created. Design of the products such as valuables and ID documents, protected forms and official papers is extended by the introduction of planned ultraviolet and infrared technologies.

**Key words:** CMYF separation, ultraviolet and near infrared spectra, F-ink, F/Z graphics

## Sadržaj

1. Uvod i pregled dosadašnjih istraživanja.....	5
1.1. Uvod.....	5
1.2. Dosadašnja istraživanja.....	6
2. Cilj i hipoteze istraživanja.....	9
3. Očekivani znanstveni doprinos .....	10
4. Zaštita dokumenata .....	11
4.1. Službeni obrasci u Republici Hrvatskoj.....	11
4.2. Zakonski propisi izgleda i sadržaja obrazaca .....	12
4.2.1. Propisani obrasci Ministarstva pomorstva, prometa i infrastrukture.....	13
4.2.2. Propisani obrasci Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta .....	14
5. Razina informiranosti o grafičkim zaštitama i mogućnostima krivotvorenja .....	16
5.1. Utvrđivanje skale vrijednosti sigurnosnih grafičkih varijabli .....	16
5.2. Hijerarhija evaluacije grafičkih zaštita .....	21
6. Selektivna primjena sigurnosnih obilježja .....	23
6.1. Autorizirane grafičke zaštite .....	24
6.2. Prijedlog rješenja za službene obrasce.....	26
6.3. E-tiskanice.....	27
7. Materijali korišteni u istraživanju .....	29
7.1. Ofsetna bojila za ultraljubičasto, vidljivo i blisko infracrveno područje.....	30
7.2. Papiri u sustavu sigurnosnog tiska .....	31
7.3. Uređaj za spektralnu analizu .....	33
7.4. Uređaj za barijerno skeniranje .....	35
8. Istraživanje nove sigurnosne CMYF separacije.....	36
8.1. Plan eksperimenata za područje od 254 do 1000 nanometara .....	36
8.1.1. Utvrđivanje postavke boja .....	37
8.1.2. Područje istraživanja u ultraljubičastom, vidljivom i bliskom infracrvenom spektru .....	39
8.1.3. Prihvatljive vrijednosti $\Delta E$ za prihvaćanje boja blizanaca.....	42
8.1.4. Skrivanje slike kroz sustav blizanaca bojila .....	44
8.2. Profili boja za CMYF separaciju .....	46
8.2.1. Utjecaj profila boja na steganografiju .....	46
8.2.2. Miješanje karbon crnog bojila s fluorescentnim	

nevidljivim ultraljubičastim bojilima.....	47
8.2.3. Miješanje procesnih bojila s vidljivim ultraljubičastim fluorescentnim bojilom .....	48
8.3. Eksperimentalna postavka boja za ofsetna bojila koja imaju svojstva apsorpcije svjetla u tri spektra.....	51
8.3.1. Utvrđivanje postavke boja za F bojila.....	51
8.3.1.1. Utjecaj tiskovne podloge na postavke boja.....	54
8.3.1.2. Pojedinačna miješanja procesnih bojila s nevidljivim fluorescentnim ultraljubičastim bojilima .....	56
8.3.2. Raspon F bojila, formula za CMYF separaciju .....	61
8.3.3. Barijerno skeniranje otisaka .....	68
8.4. F bojilo u CMYF separaciji .....	75
8.5. Kreiranje nove skale boja blizanaca $F_0F_{40}$ za izradu F/Z grafika .....	79
8.6. Metoda utvrđivanja boja blizanaca s iteracijama $X_0$ , $X_{20}$ , $X_{40}$ i $\Delta E$ .....	84
8.7. Iteracije $X_0$ , $X_{40}$ i $\Delta E$ za zaštićeni papir Mould.....	88
9. Rezultati istraživanja CMYF separacije u sigurnosnom ofsetnom tisku .....	90
9.1. CMYF separacija za zaštitna ofsetna spot bojila i zaštićeni papir Mould .....	90
9.2. Rasprava rezultata .....	97
9.2.1. Stanje $X_0$ i stanje $X_{40}$ otisaka s ofsetnim bojilima $CMYF_z$ .....	97
9.2.2. Stanje $X_0$ i stanje $X_{40}$ otisaka s ofsetnim bojilima $CMYF_n$ .....	101
10. Projektiranje i izrada zaštitnih F/Z grafika.....	104
11. Primjena nove metode grafičke zaštite temeljene na steganografiji sa zaštitnim ultraljubičastim i infracrvenim spot ofsetnim bojilima .....	127
11.1. Zajedništvo ultraljubičastih i infracrvenih bojila.....	127
11.2. Sustav planiranja zaštićenog dokumenta .....	127
11.3. Zaštita portreta na osobnim identifikacijskim dokumentima .....	146
12. Zaključak.....	151
13. Popis literature.....	155
14. Životopis i popis objavljenih radova.....	159
15. Popis slika, tablica i grafikona .....	160

# 1. UVOD I PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

## 1.1. Uvod

U ovom radu razvijaju se novi elementi zaštite dokumenata kroz separaciju boja za ultraljubičasti (UV), vidljivi (V) i bliski infracrveni spektar (NIR). Proširuje se reprodukcija dvostrukih slika za V i NIR područje [1,2] i rade se separacije sa paralelnim slikama za tri područja: UV, V i NIR. Svako sigurnosno zaštićenoj tiskovini pridružuju se njoj svojstveno zamiješana bojila. Rješenja separacije za tri spektralna područja s neograničenim brojem tonova prikazuju se spajanjem triju nezavisnih slika, gdje se informacije dviju slika separiraju iz bazne slike vidljive na dnevnom svjetlu. Programiranjem i prilagodbom procesnih bojila u konvencionalnom ofsetnom tisku projektirat će se raznovrsne autorizirane zaštitne grafike. Takvim dizajnom otvaraju se nove mogućnosti i mijenjaju dosadašnji načini projektiranja i izrade dokumenata. Stvara se sustav za određivanje originalnosti dokumenata koji se temelji na barijernom skeniranju u UV, V i NIR spektru.

Bojila koja se predstavljaju u ovom radu označena sa slovom „F“. U ovom istraživanju korištena su dva F bojila:  $F_n$  i  $F_z$ . Bojilo  $F_n$  izloženo ultraljubičastom zračenju fluorescira u narančastu, a bojilo  $F_z$  fluorescira u zelenu. Na otisku su F bojila tamno smeđa/siva (dalje u tekstu: tamno siva), te imaju ciljani odziv apsorpcije u UV i NIR spektru. Sa specijalnim svojstvima F bojila uključuje se ultraljubičasti spektar čime se proširuje CMYKIR separacija. U ovom istraživanju crno karbon procesno bojilo zamjenjuje se vidljivim tamno sivim UV fluorescentnim bojilom koje ima odziv u trima različitim spektrima.

Razvijena je numerička „eksperimentalna postavka boje“ koja istovremeno respektira svojstva bojila u tri spektra s valnim duljinama od 254 i 365 nm za UV područje, od 400 do 700 nm za V područje i od 1000 nm za NIR područje. CMYF separacija se provodi s procesnim ofsetnim bojilima: cijan, magentom i žutom, te izabranim ultraljubičastim F bojilima. S navedena četiri bojila postiže se skrivanje F/Z grafike u vizualnom spektru. Grafika F/Z se prepoznaje instrumentalno u ultraljubičastom (F grafika) spektru pri valnoj duljini od 365 nm i bliskom infracrvenom (Z grafika) spektru pri valnoj duljini od 1000 nm.



Predloženo međusobno razdvajanje slika na istom otisku nov je pristup označavanja i prepoznavanja vizualnih informacija tiskarskom tehnologijom.

Nakon eksperimentalnog određivanja postavke boja razvijena je CMYF separacija za F bojilo koje će služiti kao skrivena zaštita u dva spektra izvan vidljivog područja. Zaštita sa F/Z grafikama omogućava beskonačan broj načina dizajniranja dokumenata, tako da svaki zaštićeni dokument može imati personaliziran dizajn zaštite. Nitko do sada nije istraživao bojila u ofsetnom tisku koja će imati višestruke slike na istoj tiskovnoj površini sa zadanim odzivom u ultraljubičastom, vidljivom i bliskom infracrvenom spektru.

Za skrivanje UV i IR informacija koriste se tonovi boja čija je vrijednost  $\Delta E$  manja od dva. Uz odabrane postavke boja u Adobe Photoshopu i mjerenja: svjetline, tona, zasićenja i refleksije; izrađuje se standard miješanja procesnih ofsetnih bojila sa F bojilom. Postavljaju se novi algoritmi za miješanje bojila s planom kreiranja autorizirane tiskarske zaštite. Nakon niza godina istraživanja i rada na ofsetnim zaštićenim tiskovinama kreće se s primjenom unaprijeđenog oblikovanja visoko zaštićenog dokumenta. Dizajn F/Z grafike s ultraljubičastim i infracrvenim elementima može se primijeniti u različitim tiskarskim tehnologijama ovisno o materijalu na koji se tiska.

## **1.2. Dosadašnja istraživanja**

Potreba za grafičkom zaštitom javlja se još davne 1865. godine u SAD-u kada je utvrđeno da je trećina papirnatih novčanica krivotvorena. Danas se na novčanicama primjenjuje najnaprednija tehnološka zaštita koja broji oko četrdeset različitih tehnika. Najčešće se koristi sigurnosni papir, sigurnosna boja i različite tehnologije tiska. Boje proučavaju i analiziraju znanstvenici već nekoliko stotina godina. U 17.st. znanstvenici su zaključili da za prezentaciju boja i svjetla trebaju trodimenzionalni sustav. Na tom znanju nastali su moderni sustavi boja koji se temelje na aditivnom i suptraktivnom miješanju boja. Ultraljubičasti i infracrveni dijelovi spektra izučavali su se i razvijali u vojne svrhe, te za specijalna snimanja svemira i planeta u Sunčevu sustavu. Razvojem tehnologije tiska, mijenja se i struktura bojila [3]. Projektiraju se zaštitne grafike u vidljivom i nevidljivom dijelu spektra s promjenjivim

bojama digitalnog tiska [4]. Pod nazivom Infrared Design [5] razvija se separacija koja se odnosi na algoritam koji koristi kontinuirane transformacije od RGB do CMYKIR. Znanstveno otkriće potvrđeno je objavljivanjem „CMYKIR separacije“ [6] za blisko infracrveno područje (NIR - zauzima spektralni prostor od 750 do 1000 nm). U tiskarstvu su skrivene informacije u bliskom infracrvenom spektru [7] našle primjenu u zaštitnom tisku [8] u različitim tehnikama tiska (digitalni tisak; suhi toner, inkjet tisak, sitotisak, ofset, fleksotisak, novinska rotacija [9]) i na različitim materijalima (papir, platno, tekstil [10], koža, plastika). Za svaku tehniku tiska i vrstu bojila definiraju se posebni algoritmi za prijelaz iz aditivnog sustava boja (crvena, zelena i plava) u suptraktivni sustav (cijan, magenta, žuta i crna) s ciljanim projektiranjem infracrvene sigurnosne grafike [11]. Razvijena je ZRGB aparatura za istovremenu dualnu detekciju V / NIR grafika [12,13]. Ultraljubičasta zaštitna bojila vežu se uglavnom za novčanice i bankovne vrijednosnice, te je većina istraživanja upravo forenzičnog sadržaja. Dosadašnja istraživanja razdvajaju UV i NIR spektralna područja kao i upotrebu takvih bojila. Dosadašnja praksa je koristila UV bojila s dvostrukim svojstvima vidljivosti ne ulazeći u eksperimente s migracijama boje. Kako bi se unaprijedio nivo zaštite dokumenata istraživalo se ponašanje suvremenih tehnološki inovativnih ultraljubičastih bojila u projektiranju zaštitne grafike [14]. Mjerenja i analize razvoja zaštite dokumenata tiskanih s UV zaštitnim bojilima provedena su u sustavima: CMYK, CIELab, RGB i HSB [15]. Do sada je najviše istraživanja usmjereno ka otkrivanju krivotvorenih novčanica i to Raman spektroskopijom i kemometrijskim metodama. Potreban je veći broj analiza podataka, jer su boje prisutne na novčanicama mješavina pigmenata. Kako je Ramanova spektrometrija vrlo kompleksan proces, uvedena je klasifikacijska metoda PLS-DA [16]. Analiza se temelji isključivo na karakterizaciji boja koje se koriste na novčanicama. Sigurnosni ofsetni tisak zauzeo je osnovu za razvoj novih inovativnih proizvoda u svrhu strožih zahtjeva tiskanih dokumenata. Koriste se brojne vrste bojila: UV fluorescentna, infracrvena (IR), termokromatska, fotokromatska i magnetska. Predviđa se da će primjena infracrvene zaštite u tiskarstvu rasti i širiti se [17,18]. Smjer današnjeg razvoja jest da ova bojila i nova tehnologija mogu poboljšati komercijalni tisak i smanjiti dugoročne troškove. Xerox je razvio sigurnosna rješenja za strojeve za digitalni tisak s Xeroxovim tonerima: infracrveni tisak, fluorescentni tisak, glossmark i mikrotekst [19]. Isto je napravio i Xeikon za svoje strojeve i tonere (DRUPA 2008, 2012.).

Razvojem tehnologije tiska mijenjaju se grafička bojila u ovisnosti o vrsti primjene; digitalni tisak, ofsetni tisak, sitotisak, fleksotisak, nanografija (nano bojila). Primjena novih naprednih

tehnologija najviše dolazi do izražaja u izradi zaštitnih elemenata na vrijednosnicama i osobnim identifikacijskim dokumentima, te se potom sigurnosna obilježja uvode i na druge proizvode. Redizajn novčanica provodi se svakih pet do deset godina kako bi se primijenile nove tehnologije grafičkih zaštita. Na kunama su korištene infracrvene boje, tako da je zaštita izvedena u jednom tonu boje na više elemenata istog oblika smještenih u pravilnim razmacima jedan pored drugog. Svi elementi su u vidljivom spektru jednake boje, dok se u NIR području vidi samo jedan dio tih elemenata. Elementi su smješteni s odmakom pa se promatraju kao lijevi i desni element s ciljem podudaranja tonova u vidljivom spektru. To su elementi koji u vidljivom spektru ne ulaze jedan u drugoga, dok se u ovom radu predstavljaju različiti elementi koji ulaze jedan u drugoga na istoj površini slike, s utvrđenim kolorimetrijskim vrijednostima u svrhu steganografije.

Ovim istraživanjem teži se savršenom skrivanju slike, tako da će elementi koji se međusobno preklapaju uzajamno ulazeći u strukture kolorimetrijske građe, u potpunosti podudarati u vidljivom području, dok će potpuno razilaženje imati u UV i NIR spektru.

Doživljaj boje daje apsorpcija i refleksija svjetla u vidljivom spektru valne duljine od 400 do 700 nm. Dosadašnja istraživanja bojila orijentirana su na grafike u vidljivom dijelu spektra koje se opisuju trima veličinama: RGB, HSB i CIELab [20].

U tiskarstvu su skrivene informacije u bliskom infracrvenom spektru našle primjenu u zaštitnom tisku u različitim tehnikama tiska (digitalni tisak; suhi toner, inkjet tisak, sitotisak, fleksotisak, novinski tisak) i na različitim materijalima (papir, platno, tekstil, koža, plastika). Dosadašnja forenzična istraživanja krivotvorenih vrijednosnica razdvajaju ultraljubičasta i infracrvena bojila [21]. U praksi su se istraživala ultraljubičasta fluorescentna bojila sa baznim dvostrukim svojstvima vidljivosti. Do sada nitko nije istraživao bojila u ofsetnom tisku koja će imati odziv u ultraljubičastom, vidljivom i bliskom infracrvenom spektru. Nakon dugogodišnjih ispitivanja, miješanja i testiranja UV i IR bojila, pronađeno je bojilo koje će služiti kao skrivena zaštita u dva spektra. Takvo bojilo osigurava beskonačan broj načina kreiranja zaštite dokumenata.

## **2. CILJ I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA**

Cilj je izrada visoko zaštićenog dokumenta u ofsetnom tisku upravljajući bojilima u tri spektralno odvojenim područjima. Zaštićenom dokumentu koji u istoj reprodukciji ima ciljani odziv u UV, V i NIR području podiže se nivo zaštite na visoku razinu sigurnosti.

Hipoteze istraživanja:

1. Algoritamskim miješanjem UV i IR bojila ostvaruje se jedinstveno grafičko rješenje za sigurnosni zaštitni tisak dokumenata
2. Moguće je projektirati grafiku pomoću tri različite informacije ciljano kreirane u jednoj slici za UV, V i NIR spektar
3. U projektiranju dokumenata i vrijednosnica moguće je postaviti recepture i standarde s numeričkim veličinama za određivanje razlika između originala i krivotvorina.

### 3. OČEKIVANI ZNANSTVENI DOPRINOS

Očekivani znanstveni doprinos predloženog istraživanja jest novi standard u zaštiti dokumenata koji se očituje kroz:

- nove metode miješanja UV i CMYK bojila sa odzivom u UV, V i NIR spektru,
- transformacije boja u separaciji za UV, V i NIR spektar,
- proširenje upravljanja bojilima sa vidljivog na UV i NIR spektar s ciljem stvaranja nove tehnologije sigurnosnog tiska,
- postavljanje standarda u izradi originalnih grafika za UV, V i NIR spektar, i utvrđivanje krivotvorina putem barijernog skeniranja.

Izvorni znanstveni doprinos ovog istraživanja jest nova standardizacija zaštite dokumenata u ofsetnom tisku. Kreiraju se dokumenti pomoću ofsetnih bojila s kontroliranim svojstvima u trima različitim spektrima pri čemu su zadani željeni odzivi u ultraljubičastom, u vidljivom i u bliskom infracrvenom području. Sa zadanim vrijednostima u CIELab prostoru boja formira se ultraljubičasto svojstvo i infracrveno svojstvo na istom elementu slike, čime je dobiven otisak s ciljanim odzivom u trima različitim spektrima koji daje informacije za novi sustav ofsetnih bojila sa specijalnim svojstvima. Stvara se nova skala boja za ofsetni tisak koja će nositi informacije prostora boja vidljivog, ultraljubičastog i bliskog infracrvenog spektra. Ovaj rad utemeljuje nova znanja u istraživanju i primjeni elemenata grafičkih zaštita čime će se unaprijediti metode tiskarskih tehnologija u zaštiti dokumenata.

## 4. ZAŠTITA DOKUMENATA

### 4.1. Službeni obrasci u Republici Hrvatskoj

Svi službeni obrasci propisani su zakonom, pravilnikom ili nekim drugim zakonskim aktom. Objavljeni su u službenom glasilu RH „Narodnim novinama“. Propisana je namjena, način korištenja, sadržaj, oblik i izgled službenih obrazaca, dok se opis sigurnosne zaštite rjeđe objavljuje. Zato je državnoj instituciji koja propisuje i javno objavljuje službene obrasce potrebna stručna, profesionalna podrška grafičkih urednika i proizvođača u oblikovanju i tehničkoj specifikaciji obrazaca; dok je proizvođačima potrebna podrška znanosti i novih tehnologija. Kada je ta komunikacija delegirana, tada je i propisani obrazac temeljito opisan. Istražuje se nivo zaštite isprava i službenih obrazaca u ovisnosti o osiguranju dostupnosti i sigurnosti korisnika isprava i službenih obrazaca, a vezano za njihovu zakonitost i propisanu primjenu, kao i transparentnost čiji su sadržaj, oblik, način zaštite i obvezatna primjena propisani zakonima i drugim propisima.

Uspostavom samostalne države Hrvatske 1991. godine kreirane su nove isprave i službeni obrasci RH. Kod sigurnosno zaštićenih službenih obrazaca primjenjivao se vrlo visok nivo grafičkih zaštita što je iziskivalo i visoke troškove izrade (na primjer, *Dozvole za međunarodni prijevoz tereta*: papir s vodenim žigom, UV zrcima i vlakancima u raznovrsnim bojama vidljivim pod UV svjetlom; papir kemijski reaktivan na mehanička brisanja; tri holograma s multitonovima na jednoj dozvoli formata A4; ofsetni tisak sa devet zaštitnih spot bojila, tisak zaštitnih krivulja, guilloche; slijepi tisak pečata ministarstva). Danas, s razvojem digitalizacije i informatizacije, broj službenih obrazaca se drastično smanjuje. Mijenja se način poslovanja, te se personalizirani tisak sigurnosno zaštićenih obrazaca centralizirao kod korisnika, kao što su *Svjedodžbe* koje ispisuje Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje. NCVV ispisuje varijabilne, personalizirane podatke o učeniku, školi, ocjenama. *Svjedodžbe* su prethodno otisnute sa žutim ili svjetlo plavim bojilom na zaštićenom papiru sa vodenim znakom i UV vlakancima vidljivim pod UV svjetlom (*Svjedodžbe* se tiskaju u državnoj tiskari Narodne novine). Tijekom vremena primjena i način korištenja visoko zaštićenih službenih obrazaca počeo se mijenjati. Zato je potrebno sistematizirati i standardizirati nivo i način zaštite službenih obrazaca.

Iako je sadržaj i način primjene isprava i službenih obrazaca propisan zakonom, pravilnikom ili nekim drugim zakonskim aktom; kod nekih obrazaca nije propisan ni oblik, ni vrsta papira,

kao ni vrste grafičke zaštite. Među takvim primjerima je i *Pravilnik o raspodjeli dozvola za međunarodni prijevoz tereta* [22].

U Pravilniku se ne spominje ni format, ni oblik, ni sadržaj, ni sigurnosna zaštita dozvola. U *Zakonu o prijevozu u cestovnom prometu* [23] također nisu navedeni oblik, vrsta papira, format, ni vrsta grafičke zaštite obrazaca.

Zaštićeni dokumenti imaju razinu zaštićenih vrijednosti. U ovom radu predstavljaju se nove metode specijalnog dizajna zaštita koje su naprednije od propisanih. Predložena tehnologija sigurnosne grafike bit će ponuđena u procesu novog definiranja pravila stvaranja zaštitnih dokumenata.

#### **4.2. Zakonski propisi izgleda i sadržaja obrazaca**

Odlukom Vlade RH o ispravama i službenim obrascima čiji su sadržaj, oblik, način zaštite i obvezna primjena propisani zakonima i drugim propisima za izdavanje, tiskanje i prodaju zaštićenih službenih obrazaca te ostalih službenih obrazaca imenovana je tvrtka u državnom vlasništvu Narodne novine d.d. [24]. Ta Odluka donesena je zbog zadovoljavanja javnih potreba Republike Hrvatske vezano za: izradu zaštićenih službenih obrazaca i isprava; za izdavanje, tiskanje i prodaju zaštićenih službenih obrazaca te ostalih službenih obrazaca, čiji su sadržaj, oblik, način zaštite i obvezna primjena propisani zakonima, drugim propisima i aktima, a koji se objavljuju u »Narodnim novinama«. Razlozi donošenja takve Odluke su sljedeći: zbog pravne sigurnosti korisnika isprava i službenih obrazaca, transparentnosti, čvrstih jamstava zaštite javnih potreba kroz dosljedan izgled i propisanu formu, zbog osiguranja dostupnosti pod jednakim tržišnim uvjetima uz propisane mehanizme nadzora prodajne cijene na cijelom teritoriju Republike Hrvatske.

Na popisu zaštićenih isprava i obrazaca nalazi se oko 1500 dokumenata. Popis sadrži: naziv tijela u čijoj je nadležnosti upravno područje u kojem se službeni obrasci primjenjuju; naziv obrasca; pravni izvor kojim je obrazac propisan i jediničnu cijenu obrasca. Zbog izmjena zakona i pravilnika ili zbog donošenja novih zakona i propisa popis se svake godine ažurira, dopunjuje i mijenja.

#### 4.2.1. Propisani obrasci Ministarstva pomorstva, prometa i infrastrukture

U *Pravilniku o licencijama za obavljanje djelatnosti javnog cestovnog prijevoza i kolodvorskih usluga* [25] opisan je sadržaj i oblik licencije, izvoda licencije i potvrde i izvoda potvrde o prijavi prijevoza za vlastite potrebe. U čl.6. st. 4. navedeno je: „Obrazac licencije i izvod licencije moraju biti tiskani na posebno zaštićenom papiru koji ima: vodeni žig, UV zaštitu i hologramsku zaštitu.“

U čl. 8. st. 4. navedeno je: „Obrazac potvrde o prijavi prijevoza za vlastite potrebe i izvod potvrde moraju biti tiskani na posebno zaštićenom papiru koji ima: vodeni žig, UV zaštitu i hologramsku zaštitu.“

Kod navedenog *Pravilnika o licencijama za obavljanje djelatnosti javnog cestovnog prijevoza i kolodvorskih usluga* sadržaj i oblik službenih obrazaca, kao i vrsta grafičke zaštite naznačeni su za obrasce licencije, izvoda licencije i potvrde, te izvoda potvrde o prijavi prijevoza za vlastite potrebe. Navedene su tri vrste zaštita u papiru: vodeni žig, UV zaštita i hologramska zaštita. Izgled navedenih zaštita nije opisan. Kod propisa sličnih obrazaca u drugim europskim državama također je navedena samo vrsta grafičke zaštite. Opis njihova izgleda nije propisan. Ako su takvi obrasci podložni promjeni izgleda onda je samo naznaka vrste sigurnosne grafike izvrsno rješenje. U suprotnom bi se izmjenom izgleda jedne od zaštita morale objaviti izmijene i dopune *Pravilnika*.

*Pravilnik o sadržaju uvjerenja i o načinu vođenja evidencije o položenom ispitu o stručnoj osposobljenosti* [26] propisuje sadržaj i oblik uvjerenja, te način i oblik vođenja evidencije o položenim ispitima o stručnoj osposobljenosti za obavljanje djelatnosti javnog cestovnog prijevoza. U čl. 3. st. 3. navedeno je: „Uvjerenje se tiska na zaštićenom papiru žuto-smeđe boje formata A4.“

U *Pravilniku* nije naznačena vrsta grafičke zaštite, a opis izgleda obrazaca je nepotpun. Slika obrasca jest objavljena, no kako je tiskano u crnoj boji tako se boje ne raspoznaju, te je zbog toga izgled obrasca nepotpun. Bitno je da je izgled obrasca tehnički stručno opisan, tako da su sve boje na obrascu označene kroz neku od standardnih skala boja. Grafičke zaštite u papiru koje su spomenute u čl.3., st.3. nisu navedene i specificirane, a papir je opisan kao žuto smeđi. Nedostaje boja papira i tiska koja bi trebala biti označena kroz standardne palete grafičkih boja, tako da se može ili kupiti gotov obojan papir ili se bijeli papir može tonirati u „žuto-smeđu“ boju. Nedostaje težina i vrsta papira.



U *Pravilniku o dozvolama za obavljanje linijskog prijevoza putnika* [27] u čl. 18. st.1. navedeno je sljedeće: „Obrazac dozvole sastoji se od jednog posebno zaštićenog lista papira, veličine A4. ...“. Grafičke zaštite nisu uopće opisane tako da nije zadana ni vrsta ni izgled zaštite. Za papir sa zaštitom koji se spominje nije zadana težina papira, vrsta zaštite u papiru i konačno nije zadana vrsta i boja papira.

U *Zakonu o prijevozu u cestovnom prometu* [28], Odjeljak „II. Licencije: Vrste licencija, članak 7. stavak 7. navedeno je sljedeće: „Ministar propisuje sadržaj, oblik, te način vođenja i korištenja evidencije....“.

U čl. 12. st. 7. istog Zakona navedeno je sljedeće: „Ministar .... propisuje sadržaj i oblik uvjerenja, oblik i način ....“. Također u čl. 62. st. 4. navedeno je „Ministar propisuje oblik i sadržaj, te način vođenja putnog lista za domaće prijevoznike....“.

Iz navedenih primjera ne može se odrediti vrsta ni nivo sigurnosne zaštite, iako se navedeni pravilnici odnose na obrasce sa zaštitom.

Kako su grafičke zaštite na službenim obrascima rjeđe ili nedovoljno opisane u propisanom i objavljenom zakonskom aktu, ne može se odrediti vrsta i nivo sigurnosne zaštite. Naznačeno je da obrazac mora biti zaštićen, ali od desetak primarnih zaštita ni jedna nije navedena.

#### 4.2.2. Propisani obrasci Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta

U *Pravilniku o sadržaju i obliku svjedodžbi i drugih javnih isprava te pedagoškoj dokumentaciji i evidenciji u školskim ustanovama* [29] grafičke zaštite na svjedodžbama su dobro naznačene u članku 38. st. 1.: „Radi sprječavanja zlouporabe i zaštite dokumenta od pokušaja mehaničkoga ili kemijskoga brisanja upisanih podataka, obrasci iz članka 36. tiskaju se na papiru koji je kemijski reaktivan (4T zaštita – kemijska zaštita) tako da pri pokušaju brisanja mijenja boju“. Zatim u st. 2. „U strukturu papira ugrađena su vlakna vidljiva pod UV svjetlom“. U st. 3. „U papir je ugrađen vodeni znak izveden u njegovoj strukturi s pravilnim razmacima slike znaka u dva tona“. U st. 4. „Po cijeloj širini obrazaca svjedodžbi, ispod donjega ruba pletera, ugrađuje se vidljiva isprekidana metalna traka.“

Navedenim *Pravilnikom* vrlo dobro je opisan oblik, izgled i sadržaj svjedodžbi. Sve grafičke zaštite su navedene i opisane. Ovo je primjer dobrog opisa sadržaja i izgleda službenih obrazaca sa zaštitom. Uzorak *Svjedodžbe* nalazi se u prilogu.

Bitno je sistematizirati zaštitne elemente na službenim obrascima, uz jasno naznačene materijale i tehnologije tiska. Tehnologije tiska obuhvaćaju: visoki tisak, duboki, plošni, foliotisak, slijepi tisak i sitotisak. Materijali obuhvaćaju: bojila, papire, folije i doradnu ugradnju.

Kako je opisano u prethodnim poglavljima za službene obrasce potrebno je utvrditi nivo zaštite i tehnologiju izrade prema namjeni, sadržaju i izgledu obrasca.

Tipični sigurnosno zaštićeni obrazac realizira se s nekoliko tiskovnih tehnika od kojih svaka ima svoje specifičnosti. Vrijeme je da se na službenim obrascima koji su zaštićeni pristupi sustavno računalnom grafikom i zaštitnim tehnologijama. U budućim rješenjima zaštićenih tiskanih dokumenata maksimalno će se primijeniti sva raspoloživa znanja i tehnologije.

## **5. RAZINA INFORMIRANOSTI O GRAFIČKIM ZAŠTITAMA I MOGUĆNOSTIMA KRIVOTVORENJA**

Za grafičke proizvode masovne proizvodnje osigurava se u sve većem opsegu oplemenjivanje tiskovina novim dizajnom elemenata zaštita koji na drugačiji način pristupaju temi vrhunskog dokumenta. Suvremena grafička tehnologija selektivno uvodi zaštitne elemente na službene i identifikacijske obrasce i ostale vrijednosne dokumente. Zaštitni elementi na grafičkim proizvodima moraju biti učinkoviti. Glavni pokretač inovativnih rješenja elemenata grafičkih zaštita i tehnologije izrade dolazi iz dizajna novčanica. Grafičke zaštite koje su uvedene na vrijednosnicama imaju najširu primjenu. Tiskarnice i izdavači usmjerit će organizaciju proizvodnje u ovisnosti o stupnju potrebne zaštite. Da bi grafička zaštita postala što svrhovitija potrebna je šira diskusija kroz znanstveno i industrijsko područje grafičke tehnologije. Znanja koje ljudi imaju o grafičkim zaštitama trebaju biti vodilja grafičkoj struci pri utvrđivanju razine njihovih primjena.

### **5.1. Utvrđivanje skale vrijednosti sigurnosnih grafičkih varijabli**

Provedenim istraživanjem izvršena je klasifikacija zaštitnih elemenata, kako bi se utvrdilo koji od njih su percipirani kao poželjni ili nužni. Na taj način načinjeno je ocjenjivanje specijaliziranih grafičkih materijala i metoda [30]. Putem sustava anketiranja 633 ispitanika i obrade rezultata utvrđena je skala vrijednosti grafičkih proizvoda. Utvrđeno je da su najznačajnije vrste zaštita: vodeni znak u papiru, hologram, UV boja i infracrvena boja. Upravo takve vrste zaštita grafičkoj struci nameću obavezu primjene [31]. Anketa je provedena s ispitanicima iz kontrolne skupine koju čini šira javnost i drugih skupina koje sačinjavaju studenti i radnici upućeni u grafičku tehnologiju. Pokazano je da ispitanici koji su bolji poznavatelji grafičkih zaštita u većoj mjeri uviđaju važnost njihove primjene. Zato je potrebno povećati razinu informiranosti o svim vrstama grafičkih zaštita, što bi povećalo njihovu učinkovitost. Kako bi se korisnicima olakšalo prepoznavanje zaštita implementiranih u proizvodu paralelno s tiskanjem izdaju se i brošure koje opisuju svaku postavljenu zaštitu. U studijske programe grafičke struke treba uvoditi sadržaje koji prate suvremeni znanstveno tehnološki razvoj sigurnosne grafike.

Grafičke varijable opisuju poznavanje i primjenu različitih vrsta zaštita: za specijalne vrste tiska, specijalne boje i specijalne papire, te specijalne vrste tiskarskih strojeva koji nisu u standardnim grafičkim okruženjima. Varijable grafičkih zaštita opisuju veličine koje definiraju kvalitetu. U anketi su ponuđene sljedeće vrste zaštita:

- u papiru: vodeni znak, UV vlakanca, vlakna s tekstom, zaštitna kovinska nit;
- u tisku: iris-tisak, intaglio, metoda ofsetnog tiska, sitotisak, bakrotisak, kinegram, hologram, mini pismo i mikrotekst, metalizirana traka, latentna slika;
- u boji: UV, infracrvena, prelijevajuća OVI, magnetske, električne i metalne boje.

Ispitanici su podijeljeni po grupama u kontrolnu i eksperimentalnu grupu. Eksperimentalnu grupu sačinjavaju studenti koji su orijentirani prema tehničkim znanostima i studenti koji su orijentirani prema grafičkoj struci. Kontrolnu grupu čini 198 ispitanika (1. Grupa), a eksperimentalnu čini šest grupa s ukupno 436 ispitanika (2. Grupa ima 157 ispitanika; 3. Grupa ima 43 ispitanika; 4. Grupa ima 95 ispitanika; 5. Grupa ima 79 ispitanika; 6. Grupa ima 10 ispitanika; 7. Grupa ima 30 ispitanika i 8. Grupa ima 22 ispitanika).

Utvrđena je razina poznavanja grafičkih zaštita kod svih ispitanika (tablica 5.1). Većina ispitanih osoba posjeduje potpuno jasan pojam grafičke zaštite i većina ih je upoznata sa svim najznačajnijim vrstama grafičkih zaštita. Svaki ispitanik prosječno poznaje 3 zaštite u papiru, 4 zaštite u tisku i 2 u boji. Većina ispitanika iz svih grupa od grafičkih zaštita poznaje: vodeni znak u papiru, UV vlakanca u papiru, UV boje, infracrvene boje i hologram.

Prva grupa, kontrolna, vrlo dobro poznaje grafičke zaštite, što je vidljivo iz postotaka predloženih u tablici 5.2. (85% ispitanika 1. Grupe poznaje vodeni znak u papiru). Većina ispitanika iz svih grupa od grafičkih zaštita poznaje: vodeni znak u papiru, UV vlakanca ili zrnca (fluorescentni končići ili zrnca) u papiru, UV boje, infracrvene boje i hologram (tablica 5.1).

*Tablica 5.1. Najpoznatije vrste zaštita u papiru, tisku i boji. Prikazani su podaci koji pokazuju koje su zaštite najpoznatije među ispitanicima.*

Grupe	Najpoznatije grafičke zaštite u papiru		Najpoznatije grafičke zaštite u tisku		Najpoznatije grafičke zaštite u boji	
1. Grupa	Vodeni znak	85%	Hologram	48%	UV boje	55%
2. Grupa	Vodeni znak	81%	Hologram	35%	UV boje	60%
3. Grupa	Vodeni znak	88%	Minipismo/mikropismo	37%	UV boje	42%
4. Grupa	Vodeni znak	84%	Metoda bakrotiska	45%	UV boje	60%
5. Grupa	Vodeni znak	92%	Hologram	43%	UV boje	84%
6. Grupa	Vodeni znak	90%	Intaglio tisak	100%	Infracrvene boje	70%
7. Grupa	Vodeni znak	93%	Hologram	87%	UV boje	93%
8. Grupa	UV vlakanca	95%	Hologram	95%	UV boje	68%

Prema provedenoj anketi najpoznatije zaštite u papiru su vodeni znak koji poznaje 71% od ukupnog broja ispitanika i UV vlakanca koje poznaje 54% ispitanika. U tisku je najpoznatija zaštita hologram koji poznaje 38% ispitanika, dok su među bojama najpoznatije grafičke zaštite UV boje koje poznaje 53% ispitanika i IR boje koje poznaje 40% ispitanika.

Ispitanici Grupe 8 su grafičari tiska i dorade u tiskari koja izrađuje zaštićene obrasce. Dokazano je da su u Grupi 8, tiskarskim radnicima koji se često susreću sa grafičkim zaštitama, poznate zaštite koje su vidljive kao što je hologram, koji poznaje 95% ispitanih radnika, a manje su im poznate skrivene zaštite, kao što su minipismo i mikrotekst, koje poznaje 22% ispitanih radnika.

Ispitanici smatraju da su najučinkovitije grafičke zaštite protiv krivotvorenja u papiru UV vlakanca, u tisku hologrami, a u boji UV boje, infracrvene boje i prelijevajuće boje OVI (tablica 5.2).

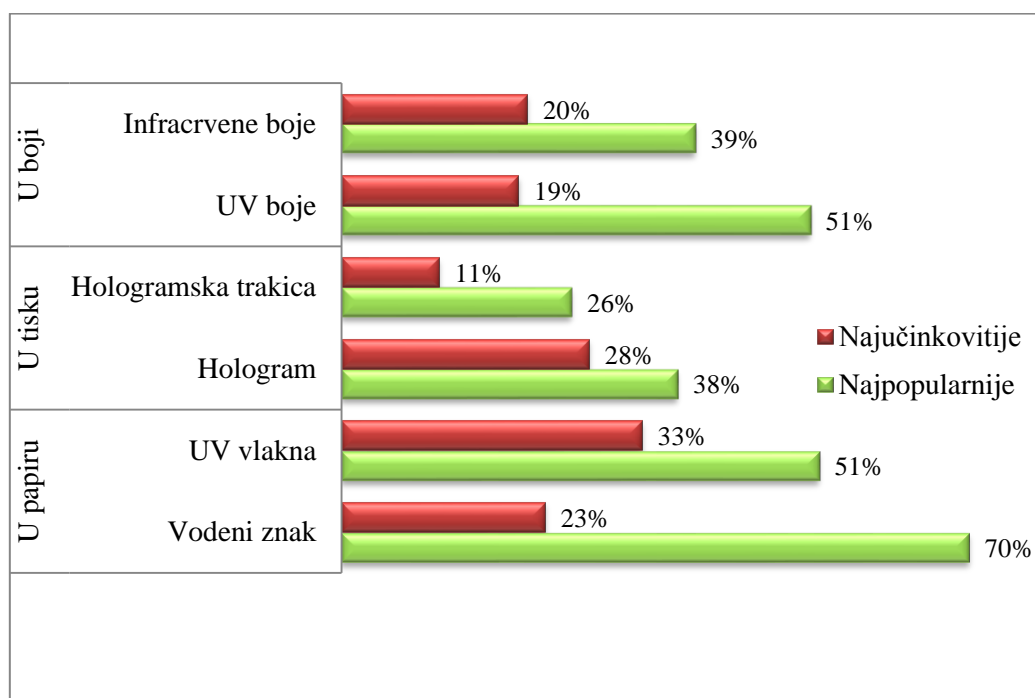
Tablica 5.2. Zaštite koje ispitanici drže najučinkovitijim protiv krivotvorenja prikazane su u postocima po skupinama.

Grupe	Najučinkovitije zaštite u papiru protiv krivotvorenja		Najučinkovitije zaštite u tisku protiv krivotvorenja		Najučinkovitije zaštite u boji protiv krivotvorenja	
1. Grupa	UV vlakanca	42%	Hologram	44%	UV boje	31%
2. Grupa	UV vlakanca	39%	Hologram	32%	UV boje	29%
3. Grupa	UV vlakanca	44%	Hologram	23%	Preljevajuća boja OVI	33%
4. Grupa	UV vlakanca	40%	Hologram	29%	Preljevajuća boja OVI	31%
5. Grupa	UV vlakanca	39%	Hologram	27%	Infracrvene boje	30%
6. Grupa	UV vlakanca	30%	Hologram	30%	Infracrvene boje, preljevajuća boja OVI, UV boje	20%
7. Grupa	UV vlakanca	33%	Hologram	53%	Infracrvene boje	40%
8. Grupa	UV vlakanca	68%	Hologram	45%	UV boje	41%

Grafičke zaštite koje ispitanici smatraju najučinkovitijim protiv krivotvorenja u papiru su UV vlakna koje podržava 33% ispitanika i vodeni znak koji podržava 23% ispitanika. Da je hologram najučinkovitija zaštita u tisku smatra 28% ispitanika. Zaštite koje ispitanici drže najboljim protiv krivotvorenja u boji su UV i IR boje. Od toga 19% ispitanika smatra da su to UV boje i 20% ispitanika smatra da su to IR boje.

Utvrđeno je da je poznavanje grafičkih zaštita u papiru, tisku i boji proporcionalna sa uvjerenjima u njihovu efikasnost protiv krivotvorenja (grafikon 5.1). Postoji razlika u broju ispitanika koji su se izjasnili da poznaju zaštite u odnosu na znatno manji broj onih koji su se izjasnili da vjeruju u njihovu učinkovitost. Od 634 ispitanika čak njih 446 (70%) poznaje vodeni znak u papiru, dok svega 145 ispitanika (23%) vjeruje u njegovu učinkovitost. Od 337 (53%) ispitanika koji poznaju UV vlakna njih 210 (33%) vjeruje u njihovu učinkovitost. Od 331 ispitanika (52%) koji poznaju UV boje svega 120 ispitanika (19%) vjeruje u njihovu učinkovitost i od 247 ispitanika (39%) koji poznaju IR boje njih 125 (20%) vjeruje u njihovu učinkovitost. Zato je nužno da se sve grafičke zaštite predstave edukativnim putem sa ciljem razvoja specifičnosti takvih metoda.

Grafikon 5.1. Odnos između najpoznatijih i najučinkovitijih zaštita među ispitanicima



Kod građana iz kontrolne skupine, studenata 1. i 3. semestra preddiplomskih studija Tehničkog Veleučilišta u Zagrebu i 1. semestra preddiplomskih studija Grafičkog fakulteta u Zagrebu, utvrđena je ista razina poznavanja grafičkih zaštita. Jednaki nivo znanja o svim grafičkim zaštitama utvrđen je kod preddiplomskih studenata TVZ-a iz 1. i 3. semestra. Studenti GRF-a s preddiplomskog studija u 1. kao i u 3. semestru imaju istu razinu znanja o grafičkim zaštitama. Studenti diplomskih studija 1. Semestra GRF-a posjeduju istu razinu znanja kao i djelatnici u tiskarama. Od uspoređenih grupa najviše odskaču ispitanici iz grupa 6, 7 i 8 odnosno zaposlenici u grafičkoj struci i studenti 1. i 3. godine diplomskih studija Grafičkog fakulteta. Ukupnu najveću razinu znanja pokazuju studenti diplomskih studija GRF-a (tablica 5.3). Od njih, najpotpunije poznavanje svih ponuđenih grafičkih zaštita imaju studenti 3. godine diplomskog studija GRF-a (57% ispitanika ove grupe poznaje sve grafičke zaštite). Razlog tome je veliki broj stručnih kolegija koje su odslušali ovi studenti tijekom studija. Ispitanici iz ove grupe pokazali su veće znanje od ispitanika iz svih ostalih grupa, uključujući i radnike iz tiskare.

Tablica 5.3. Prosječan broj svih prepoznatih grafičkih zaštita

Grupe ispitanika		Broj ispitanika	Postotak svih grafičkih zaštita koje poznaju ispitanici
1. Grupa	Kontrolna grupa - šira javnost	198	28%
<b>Eksperimentalna grupa</b>			
2. Grupa	TZV preddiplomski (stručni) 1 semestar	157	26%
3. Grupa	TZV preddiplomski (stručni) 3 semestar	43	25%
4. Grupa	GRF preddiplomski 1 semestar dizajn i tehnologija	95	30%
5. Grupa	GRF preddiplomski 3 semestar dizajn i tehnologija	79	32%
6. Grupa	GRF diplomski 1. Semestar	10	41%
7. Grupa	GRF diplomski 3. Semestar	30	57%
8 Grupa	Grafičari zaposlenici tiskare	22	44%

Utvrđeno je da ispitanici imaju veće povjerenje u one vrste zaštita koje najbolje poznaju.

Vrednuju se rezultati o korisnicima i spremnost na djelotvornost zaštite razvojem novih tehnologija i metoda. Primjenjivat će se najpoznatiji elementi zaštite kao i oni u koje korisnici imaju najviše povjerenja.

## 5.2. Hijerarhija evaluacije grafičkih zaštita

Kroz ovo istraživanje istaknuta je važnost uvođenja grafičkih sigurnosnih struktura, što predstavlja smjernicu u kvaliteti primjene elemenata grafičkih zaštita, te pridonosi provedbi naprednih zaštitnih grafičkih elemenata i metoda. Izbor dizajna grafičke zaštite temelji se na proizvodu koji se zaštićuje i metodama zaštite koje se primjenjuju. Prednost se daje rješenjima koja će se provoditi u samom mjestu proizvodnje, kao što je tisak zaštitnim bojilima ili apliciranje holograma. Potrebno je istraživati i razvijati sve vrste grafičkih zaštita, tako da se s inovacijama i inovativnim rješenjima uvijek bude ispred potencijalnih krivotvoritelja.



Zato je potrebno razviti posebna znanja o grafičkim zaštitama, koja su uglavnom pokazali studenti Grafičkog fakulteta. Utvrđeno je da ispitanici ove skupine imaju najvišu razinu znanja o svim uključenim grafičkim metodama zaštite. Cilj je povećati svijest o važnosti grafičkih zaštita i povećati razinu znanja studentskoj populaciji. Na taj način bi se dodatno poboljšalo povjerenje u učinkovitost metoda zaštite, a time i sigurnost navedenih metoda.

Potrebno je da tiskarska poduzeća osiguraju i prate razvoj grafičkih zaštita i nastave s uvođenjem novih zaštitnih programa usmjeravanjem proizvodnje prema učinkovitijima zaštitama svojih tiskanih proizvoda. Znanstveni i tehnološki razvoj grafičkih zaštita mora se uvesti u odgovarajuće grafičke i srodne studijske programe.

## 6. SELEKTIVNA PRIMJENA SIGURNOSNIH OBILJEŽJA

Utvrđeno je da se najčešće odobrava korištenje onih zaštita koje su ujedno i najpoznatije, a njihovom primjenom povećava se efikasnost zaštite proizvoda koji su skloni krivotvorenju. Tiskarnice, izdavači i autori dizajna zaštićuju vlastiti proizvod visoke potražnje podložan krivotvorenju optimizirajući tehnologiju tiska, troškove primjene i učinkovitost zaštitnog sustava. Uvode se zaštite koje ciljana populacija najviše poznaje. Korisnici vjeruju onim zaštitama koje najbolje poznaju.

Zaštite u papiru koje se najčešće koriste na službenim obrascima u Republici Hrvatskoj su UV vlakancima i vodeni znak. Takve zaštite moguće je izvesti jedino u proizvodnji papira. Vodeni znak u papiru prvi put se koristio 1840. godine. Proizvodnja papira sa zaštitom ne postoji u Hrvatskoj. Za različite službene obrasce koji se rade u manjim nakladama, uglavnom se koristi ista vrsta zaštićenog papira s UV vlakancima i standardiziranim vodenim znakom od strane proizvođača papira. Kod velikih naklada obrazaca i potrebe za većom količinom zaštićenog papira poželjno je autorizirati vodeni znak ili utkanu hologramsku nit u papiru.

U tisku se kao zaštita na službenim obrascima najčešće koristi hologram. Hologram je jedan od najpoznatijih i najraširenijih zaštitnih elemenata, te se njegova proizvodnja i dalje razvija. Noviji hologram *3D digitalni* sadrži hologramske točkice koje se pomiču i nižu u prostoru pomoću IT tehnologije. Proizvodnja holograma u Hrvatskoj ne postoji, ali se aplicira u vlastitoj proizvodnji. Hologram se kod većih količina obrazaca isplati autorizirati.

Na službenim obrascima RH kao zaštita među bojama najviše se koristi ultraljubičasta boja koja je na otisku nevidljiva, a otkriva se s UV svjetlom. Ni infracrveno ni ultraljubičasto područje nisu u spektru vidljive svjetlosti. Zato ultraljubičaste i infracrvene boje imaju istu namjenu i primjenu; skrivanje informacija u sigurnosnom tisku. Takve izdvojene informacije instrumentalno se detektiraju u ultraljubičastom području s valnim duljinama od 254 i 365 nm, a u bliskom infracrvenom području s valnom duljinom od 1000 nm.

Iako UV i IR bojila u ofsetnom tisku imaju istu svrhu, postoji značajna razlika među njima. UV bojilo se ne može zamiješati, kreirati ili izdvojiti iz procesnih CMYK bojila, dok IR bojilo može. Zaštitno UV ofsetno bojilo se kupuje kao spot bojilo s gotovim rješenjem

namjene za tisak. Kemijski sastav i specifikaciju takvih bojila proizvođači drže u tajnosti. U ovom istraživanju korištena su zaštitna vidljiva i nevidljiva UV fluorescentna bojila s namjerom jedinstvenog skrivanja informacija u UV i NIR području u planiranoj slici s trostrukim svojstvima.

### 6.1. Autorizirane grafičke zaštite

U Hrvatskoj ne postoji proizvodnja značajnih grafičkih zaštita poput holograma, zaštićenog papira ili UV boja. Autoriziranjem takvih zaštita povisuju se troškovi proizvodnje. Zato se takve autorizirane grafičke zaštite uglavnom koriste kod većih i velikih naklada obrazaca iste namjene ili kod obrazaca propisanih od iste državne institucije. Autorizirani hologram „DMRH“ (slike 6.1 i 6.2) koristi se na svim obrascima Državne matice Republike Hrvatske. Službeni zaštićeni obrasci na kojima se koristi takav autoriziran hologram su sljedeći: *Izvadak iz matice rođenih, Izvadak iz matice vjenčanih, Izvadak iz matice umrlih, Rodni list, Vjenčani list, Smrtni list, Potvrda o rođenju, izvadci iz državnih matrica – međunarodni obrasci (Bečka konvencija)*. Prednost takvog holograma na obrascima jest uočljivost i prepoznatljivost.



Slika 6.1. Primjer autoriziranog holograma DMRH

Izvor: Narodne novine d.d.

REPUBLIKA HRVATSKA



**Izvadak iz matice rođenih**

U matici rođenih matičnog područja \_\_\_\_\_  
 za godinu \_\_\_\_\_ pod rednim brojem \_\_\_\_\_ izdvojen je dana \_\_\_\_\_  
 upis činjenice rođenja: \_\_\_\_\_

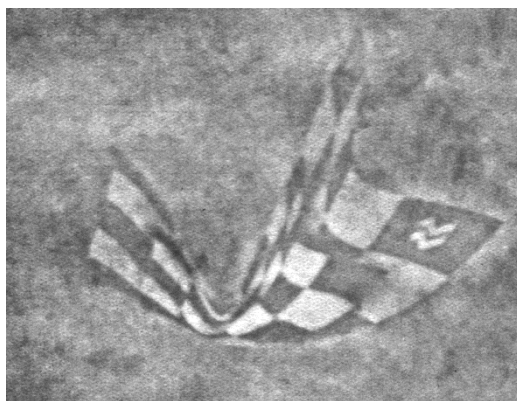
OIB \_\_\_\_\_

(maternica)	(otac)	(maternica)
(ime i prezime)	(ime i prezime)	(ime i prezime)
(stan, ulica, pošta i br. stana)	(stan, ulica, pošta i br. stana)	(stan, ulica, pošta i br. stana)
(maternica)	(otac)	(maternica)
<b>PODACI O RODITELJIMA</b>	<b>OTAC</b>	<b>MAMA</b>
Ime		
Prezime (za muškarce i djevojačko prezime)		
Dan, mjesec i godina rođenja		
Mjesto rođenja		
Narodnost		
Državljanstvo		
Zanimanje		
Prebivalište i adresa stanovanja		
Primjedbe:		

Narodne novine d.o.o. Zagreb - 10110  
 Otvorena za sudjelovanje: 07.09.2008

*Slika 6.2. Slika obrasca Izvadak iz matice rođenih*  
 Izvor: Ministarstvo uprave RH, [www.uprava.hr](http://www.uprava.hr)

Autoriziran vodeni znak u papiru izvodi se u samoj proizvodnji zaštićenog papira. Državna tiskara Narodne novine koja proizvodi zaštićene dokumente, autorizirala je vodeni znak u papiru (slika 6.3). Uz izgled jednog vodenog znaka definiran je i položaj vodenih znakova preko cijele površine papira traženog formata. Najznačajnija stavka autoriziranja vodenog znaka u zaštićenom papiru jest visina troška. Najveći trošak iziskuje prva isporuka papira. Proizvođač zaštićenog papira izrađuje valjak sa postavkom vodenih znakova koji se utiskuju u papir tijekom proizvodnje. Valjak ulazi u trošak samo kod prve proizvodnje i ostaje u vlasništvu naručitelja, Narodnih novina. Valjak se skladišti u tvornici papira zbog sljedeće narudžbe i proizvodnje. Zbog malog tržišta, koje je znatno manje od tržišta zemalja zapadne Europe, potrebna je i znatno manja količina papira. Zato se naručuje minimalno jednogodišnja potreba zaštićenog papira. Vodeni znak izveden je u opciji multitona sa logotipom Narodnih novina (slika 6.3).



Slika 6.3. Primjer autoriziranog vodenog znaka u zaštićenom papiru Mould

Autorizirani vodeni znak u papiru koji nosi obilježja Republike Hrvatske i Narodnih novina primjenjuje se na različitim vrstama službenih obrazaca. Takvi obrasci imaju potpuno različite namjene jer ih propisuju različite državne institucije. Papir zaštićen s ovakvim višenamjenskim autoriziranim vodenim znakom, ima širu primjenu od navedenog autoriziranog holograma „DMRH“.

## 6.2. Prijedlog rješenja za službene obrasce

Grafičke sigurnosne elemente zaštićenih službenih obrazaca potrebno je razvijati i standardizirati uz pomoć novih tehnologija. Samo su dvije državne tiskare u Hrvatskoj ovlaštene za izdavanje, tisk i prodaju zaštićenih službenih obrazaca i isprava. Zato je nužna transparentna i konstruktivna suradnja državne ustanove koja propisuje službene obrasce i državne tiskare uz podršku znanosti i novih tehnologija. Elementi zaštite službenih obrazaca moraju se oplemeniti ulaskom u mikrodizajn gdje su potrebna nova znanja o modularnim separacijama boja u području izvan vidljivog spektra.

Novi način separiranja je potpuno individualan i to za svaki korak izvođenja transformacije boja s pomoću razvijenih algoritama. Unaprijed se dizajnira ultraljubičasta i infracrvena slika, te se ulazi u dizajn oba spektra. Ako IR slika ima modularnu funkciju, boja se različito odražava; slabije ili jače ili je modularno prisutna uz IR i UV kao sastavni dio dizajna. Uvođenjem ovakve zaštite dizajner mora povećati svoja znanja ulazeći u apsorpciju svjetla izvan vidljivog spektra.

Planski projektiran infracrveni i ultraljubičasti tisak u ovom radu, kao skrivena informacija nudi beskonačne mogućnosti dizajniranja i primjene. Ulazi se u dizajn, u strukturu dizajna, u mikrodizajn, dizajn sa stohastičkim planiranjem zaštitnih elemenata. Službeni obrasci mogu se oplemeniti takvim dizajnom.

Kod sigurnosno zaštićenih službenih obrazaca najvažnije je da se uz jedan vidljivi element zaštite (vodeni znak u papiru ili hologram) primijeni barem jedna zaštita koja je skrivena. Takva skrivena slika ili informacija nalazi se u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom području. Zaštita s infracrvenim efektom [32] primjenjiva je u tisku službenih obrazaca. Prednost korištenja Infrared Designa koja osim što predstavlja visoko pouzdan način protiv krivotvorenja, nudi mogućnost autorizacije zaštite za svaki obrazac. CMYKIR separacija [33] odvija se pomoću algoritma razvijenog od strane projektnog tima hrvatskih znanstvenika.

S razvojem digitalizacije i informatizacije, broj službenih obrazaca se smanjuje. Mijenja se način poslovanja, te se personalizirani tisak sigurnosno zaštićenih obrazaca centralizirao putem Interneta kroz digitalne forme. Razvijaju se *e-tiskanice*.

### **6.3. E-tiskanice**

Danas u dokumente koji trebaju sigurnosnu grafičku zaštitu ulaze i svi elektronički dokumenti. Kako se u Narodnim novinama d.d. rade svi takvi dokumenti, službeni obrasci i isprave sa zaštitom, tako se područje sigurnosnog dizajna sa papira premješta na elektroničke sustave i digitalne podatke. Svaki dokument koji se kreira u Wordu, Excelu ili u PDF formatu ima mogućnost specijalnog dizajna. U ovoj digitalnoj eri uz pomoć informatičkih programera kreirat će se raznovrsne zaštite digitalnih dokumenata. U Hrvatskoj će sve državne institucije i ministarstva biti umreženi preko velikih servera. Službene obrasce i podatke korisnici će ispunjavati kroz digitalne forme putem Interneta i ovjeravati ih elektroničkim potpisom.

Narodne novine su uspjele objediniti oko tisuću službenih obrazaca u elektroničku bazu kroz digitalne forme u PDF formatu s interaktivnim poljima za upis podataka. E-tiskanice bi bile dostupne svim građanima putem Interneta u obliku digitalne forme koja je namijenjena svim korisnicima. Funkcionalnost takvog elektroničkog sustava ovisi o održavanju izuzetno

velikog broja ljudi. Kod svih službenih obrazaca, pa tako i e-tiskanica, najvažnije je da su ispravne i zakonite.

Kod izmjene zakona ili pravilnika dolazi do promjene propisa koji mogu utjecati na sadržaj i izgled postojeće e-tiskanice. Donošenjem novih zakona ili pravilnika, s novim propisima kreiraju se i nove e-tiskanice. Uredništvo e-tiskanica je dužno pratiti zakone i pravilnike kako bi bili sigurni da su tiskanice koje su u optjecaju ispravne. Kada se sa ministarstvom ili drugim državnim tijelom dogovori konačan izgled i sadržaj e-tiskanice, potrebno ju je kreirati i u digitalnoj formi postaviti u elektroničku bazu. Za izgled, sadržaj i način korištenja baze na Internetu na kojoj su smještene e-tiskanice suglasnost mora dati Vlada RH. Vrlo je bitno da nositelj posla e-tiskanica (uredništvo e-tiskanica) komunicira sa svim ostalim ministarstvima i državnim institucijama oko mogućih nepravilnosti, novih zahtjeva ili izmjena kako bi se unaprijed moglo kreirati tiskanice koje imaju određene rokove za predaju, kao što su e-tiskanice za prijavu poreza. Za kreiranje baze potrebno je imati niz informatičkih stručnjaka, koji će bazu održavati i razvijati. Uz informatičare, uredništvo e-tiskanica, grafičare koji pripremaju e-tiskanice, cijelu mrežu ljudi iz ministarstava i državnih institucija, potrebno je imati i podršku za korisnike.

Budućnost jesu e-tiskanice koje će se ispunjavati kroz zaštićene digitalne forme. Način poslovanja će se promijeniti, ali će se kao dokaz identifikacije i dalje koristiti tiskani dokumenti, odnosno ispisana digitalna forma. Zato će uvijek biti potrebe za vrhunskom grafičkom zaštitom.

U ovom radu opisane su nove metode i načini kreiranja visoko zaštićenih dokumenata.

## 7. MATERIJALI KORIŠTENI U ISTRAŽIVANJU

U provedenom istraživanju korištena su specijalna ofsetna bojila, procesna ofsetna bojila, zaštićeni papiri, konvencionalni papiri i različiti uređaji za kolorimetrijska mjerenja.

### 1. Procesne CMYK boje:

- a. C – Huber Rapid Cyan 43 F 50 RP
- b. M – Huber Rapida Magenta 42F50RP
- c. Y – Huber Rapida Gelb 41 F 50 RP
- d. K – Huber Rapida Schwarz 49 F 50 RP.

### 2. UV boje:

#### PETREL

- a. UV invisible fluo strong yellow offset - 10011
- b. UV invisible fluo blue offset - 10030
- c. UV invisible fluo red offset –10050
- d. Black fluo strong green offset ink 05011
- e. Black fluo orange offset ink 210406

#### HUBER

- f. UV boja Pantone Leucht – Gelb 803 C+U -41 S 0803.

### 3. CTP uređaj Agfa Xcalibur 45S i termalne tiskarske ploče Agfa ThermostarP970.

### 4. Ofsetni tiskarski strojevi iz araka:

- a. Heidelberg SpeedMaster 52-2P /2003
- b. Heidelberg Speed Master 74-2P/2002.

### 5. Papiri:

- a. bezdrveni ofsetni papir 80 g/m<sup>2</sup> i 100 g/m<sup>2</sup>
- b. mat kunstdruck 90 g/m<sup>2</sup> i 115 g/m<sup>2</sup>
- c. zaštićeni papir Sihl 95 g/m<sup>2</sup>
- d. zaštićeni papir Mould 95 g/m<sup>2</sup>.

### 6. Uređaji:

- a. denzitometar
- b. spektrofotometar X-Rite SpectroEye
- c. skener za barijerno skeniranje „Projectina Docubox forenzic system PIA 6000 / Multi-spectral Imaging Softwar modul“.



## 7.1. Ofsetna bojila za ultraljubičasto, vidljivo i blisko infracrveno područje

U tablicama su prikazane tehničke specifikacije bojila koje su dobivene od samih proizvođača bojila.

Tablica 7.1. Svojstva procesnih bojila Huber Rapida prema ISO 2836 / 12040

Bojilo	Oznaka	Svjetlina BWS	Alkohol	Smjesa otapala	Alkali
Yellow	41 F 50 RP	5	+	+	+
Magenta	42 F 50 RP	5	+	+	-
Cyan	43 F 50 RP	8	+	+	+
Black	49 F 50 RP	8	+	+	+

F= njemačko francuska formula

Posebne osobine procesnih bojila: brzo podešavanje; brzo sušenje površine; izvanredno prijanja za tiskovnu površinu s minimalnim raspršivanjem; posebno pogodne za tisak s velikim brzinama; tonovi boje su u skladu sa DIN ISO 2846-1 i 12647-2; brza prilagodba stabilnosti bojila i ravnoteže vode.

Postoje tri tipa vidljivih i nevidljivih sigurnosnih fluorescentnih ultraljubičastih bojila Petrel:

- Nevidljiva i fluoresciraju pod UV svjetlom
- Vidljiva i fluoresciraju u istoj boji pod UV svjetlom (plava fluorescira u plavu, zelena fluorescira u zelenu, žuta fluorescira u žutu i crvena fluorescira u crvenu )
- Vidljiva u jednoj boji i fluoresciraju u drugu boju pod utjecajem UV svjetla

Svojstva UV bojila:

- mogu biti vidljiva i fluorescirati pod UV svjetlom
- mogu biti nevidljiva i fluorescirati pod UV svjetlom

Intenzitet bojila ovisi o pokrivenosti površine tiskovne podloge. Ovakva zaštitna ultraljubičasta bojila proizvode se s ekskluzivnim pigmentima za zaštitni tisak, a sama proizvodnja je vrlo specifična zbog tajnovitog postupka proizvodnje. Diljem svijeta postoji vrlo mali broj proizvođača takvih bojila. Danas na tržištu postoji veliki izbor nevidljivih bojila koja fluoresciraju u: narančastu, žutu, zelenu, plavu, ružičastu, itd. Vidljiva fluorescentna ultraljubičasta bojila mogu se tiskati kao i sva ostala ofsetna bojila, a reagirat će s rasponom otapala: glikol-etera, benzenskog otapala, kloriranog otapala, alkohola, sumpornog etera,

gazolina i korektora. Prema zahtjevima kupaca bojila mogu biti reaktivna sa ostalim otapalima. Takva bojila fluoresciraju pod UV svjetlom (bilo da su u istoj boji: plava fluorescira u plavu ili u drugoj boji: žuta fluorescira u crvenu).

Vidljiva fluorescentna ultraljubičasta bojila s kojima je ostvarena steganografija u ofsetnom tisku su tamno sivo-smeđa u vidljivom spektru. Imaju odziv u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom spektru. Bojila su zbog fluorescencije označena slovom F. Bojilo koje fluorescira u zelenu označeno je indeksom z, odnosno  $F_z$ , a ono koje fluorescira u narančastu označeno je indeksom n, odnosno  $F_n$ .

## 7.2. Papiri u sustavu sigurnosnog tiska

Tehničke specifikacije za papire zaprimljene su od proizvođača papira.

Ofsetni papiri (tablica 7.2.) pripadaju u nepremazne papire. Proizvedeni su iz sekundarnih vlakana, dobrog površinskog sjaja, opaciteta i upojnosti. Izrađeni su od bezdrvne celulozne pulpe, s manjim dodatkom drvene celuloze i recikliranog papira.

*Tablica 7.2. Specifikacija bijelog ofsetnog papira (Mondi)*

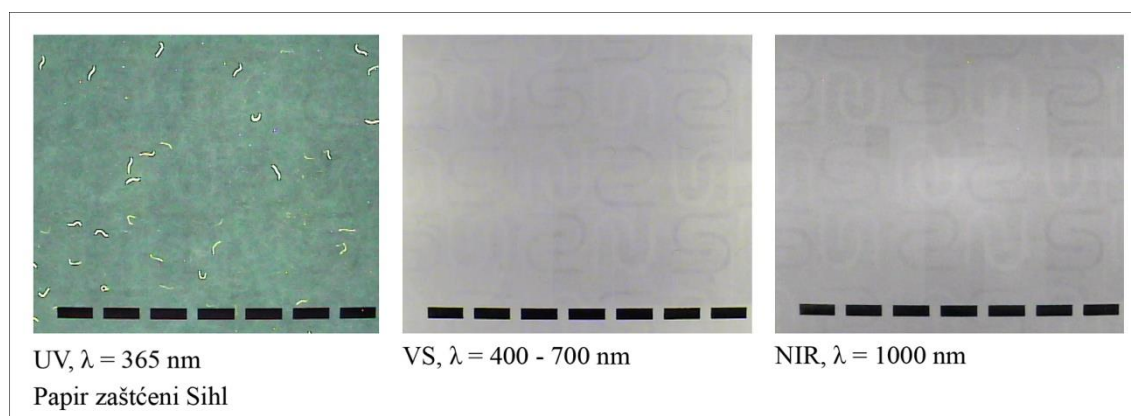
Stavka	Jed. mjere	Tolerancija	Standard		
Težina	$\text{g/m}^2$	$\pm 3.0$	ISO 536	<b>80</b>	<b>100</b>
Kaliper	mm/1000	$\pm 4.0$	ISO 534	103	126
Hrapavost	ml/min	$\pm 75$	ISO 8791-2	225	225
Neprozirnost	%		ISO 2471	Min. 91.0	Min. 93.0
Vlažnost	%	$\pm 0.7$	ISO 287	6.2	6.2
Svjetlina s UV	D65%	$\pm 1.5$	ISO 2470	103.5	103.5
CIE bjelina		$\pm 2.5$	ISO 11475	143	143

Papir mat kunstdruck pripada u premazane papire. Takvi papiri nastaju nanašanjem premaza u doradnoj fazi proizvodnje papira. Ono se može provesti: špricanjem, premazivanjem nožem, premazivanjem četkama i premazivanjem valjcima. Premaz se na papir nanosi u nekoliko slojeva, a sastoji se od mješavine pigmenata, veziva i optičkih dodataka; bijelila.

Tablica 7.3. Specifikacija papira mat kunstdruck (Europapier, Master coat, MATT)

Stavka	Jed. mjere	Tolerancija	Test			
Težina	g/m <sup>2</sup>	±2 gsm	TAPP T-410	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>115</b>
Kaliper	µm	±3 µm	TAPP T-411	71	80	102
Gustoća	cm <sup>3</sup> /g	-		0,89	0,89	0,89
Hrapavost	PPS, µm	-	TAPP T-555	1,90	1,90	1,90
Sjajnost	%	<	TAPP T-480	40	40	40
Svjetlina	%	±1.5	TAPP T-525 (R457C)	87	89	92
Bjelina	%	±3	TAPP T-560	126	126	126

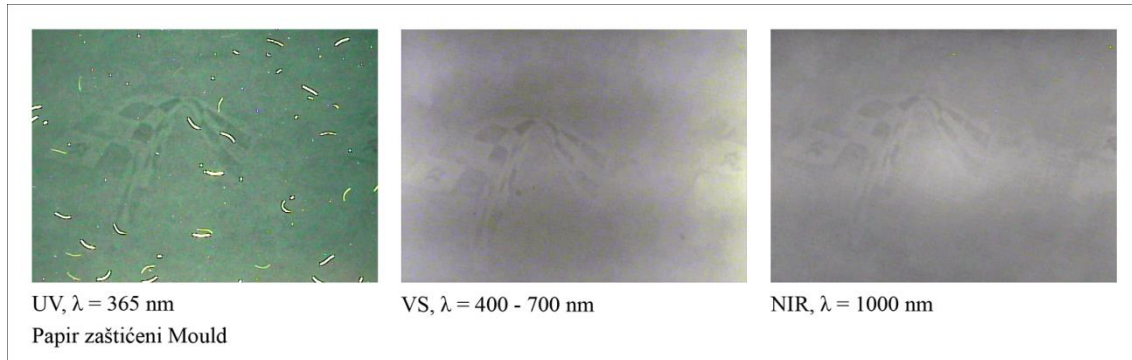
Zaštićeni papir Sihl ima težinu od 95 g/m<sup>2</sup> i debljinu od 114 µm. U svojoj strukturi ima ugrađena UV vlakna vidljiva pod UV svjetlom u zelenoj boji i vodeni znak (slika 7.1). Vodeni znak je u obliku slova S koji je izveden u dva tona, tako da je jedan vodeni znak u obliku slova S svjetliji, a drugi do njega tamniji. Svaki vodeni znak je veličine 2x2 cm i ponavlja se po cijeloj površini arka. Papir je kemijski reaktivan na mehanička i kemijska brisanja. Uzduž kraće stranice arka papira aplicirana je zlatna hologramska trakica (10x2 mm).



Slika 7.1. Barijerno skeniran zaštićeni papir Sihl

Papir Mould ima težinu od 95 g/m<sup>2</sup> i debljinu od 110 µm. Ima zaštitni autorizirani vodeni znak preko cijele površine (slika 7.2). Vodeni znak izveden je u multitonu, te ima svjetlija i tamnija područja, a ističe se s šahovnicom iz grba RH koja je oblikovana i savijena u obliku mašne. Na vrhu jedne od kockica koje čine šahovnicu ističe se i znak Narodnih novina, NN. Sastav Mould papira je 85% celuloze i 15% pamuka. U papir su ugrađena vlakna duljine 5

mm i nalaze se preko cijele površine arka papira. UV vlakna pod UV svjetlom fluoresciraju u zelenu (gustoća vlakana po  $\text{dm}^2$ : 20). Papir je vrlo upojan, te ima karakteristike dobrog upijanja tonera.



Slika 7.2. Barijerno skeniran zaštićeni papir Mould

### 7.3. Uređaj za spektralnu analizu

Mjerni uređaji korišteni pri testiranju za kontrolu kvalitete tijekom reprodukcijskog procesa jesu: denzitometri, kolorimetri i spektrofotometar X-rite SpectroEye (slika 7.1).

Spektrofotometar sadrži informacije o CIE standardnom promatraču, krivuljama spektralne emisije prema standardnim izvorima svjetla i softver za izračunavanje CIE tristimulusnih vrijednosti. Produkt rezultata mjerenja je spektrofotometrijska krivulja u valnom području od 350 nm do 750 nm, koja predstavlja faktor refleksije u pojedinim valnih područjima (grafikon spektralne refleksije). Na temelju CIE koordinata koje se mogu izračunati za boje pod različitim izvorima svjetla, može se predvidjeti koji će izvori svjetla dovesti do pojave metamerije. Baš zbog velikog izbora izvora svjetla i vrsta promatranja X-rite SpectroEye [34] se koristi i za određivanje indeksa metamerije. Rad uređaja temelji se na raslojavanju bijelog svjetla na pojedinačne valne duljine (izdvajanje uskih valnih duljina) upotrebom prizme, optičke rešetke ili interferencijskih filtara. Sa tim izdvojenim pojedinačnim valnim duljinama osvjetljava se uzorak boje koja se ispituje i bijeli standard (magnezij-oksidi). Reflektirano svjetlo koje udara u fotoćelije pretvara se u električne impulse. Ti električni impulsi iz fotoćelije očitavaju se na skali kao faktor refleksije određene valne duljine (u odnosu na bijeli standard). Kao rezultat mjerenja dobije se spektrofotometrijska krivulja.

Kod spektrofotometra razlika u boji između originala i reprodukcije može biti izmjerena i odmah prikazana u numeričkom obliku ili na grafu spektralne refleksije. Krivulje spektralne refleksije originala i reprodukcije koji stvaraju metamerne stimuluse boja moraju imati iste vrijednosti kod najmanje tri različite valne duljine vidljivog dijela spektra. Mjerenje podataka može biti prikazano numerički u širokoj paleti prostora boja, uključujući Yxy, L\*a\*b\*, Hunter Lab, itd.. Spektralni senzor spektrofotometra sastoji se od brojnih segmenata za mjerenje svjetla na svakoj valnoj duljini intervala za visoku točnost. Kako bi se spektrofotometrom osigurali uvjeti za mjerenja, osvjetljenje odnosno kut gledanja ili geometrija gledanja je fiksna. Spektrofotometar X-Rite SpectroEye ulazi pod međunarodni standard ISO 13655:1996 koji se odnosi na spektralna mjerenja i kolorimetrijska računanja grafičkih slika. On opisuje spektralna mjerenja i kolorimetrijske izračune grafičkih slika, kao i zahtjeve mjerenja spektralnih podataka, kao što su: kalibracija; spektralna energija distribucije i valne duljine osvjetljenja; mjerenje geometrije i vrste podloge. Zato su kod korištenog spektrofotometra zahtjevi kolorimetrijskih izračuna ispitani kao svjetlina D50, 2 ° standardnog kuta gledanja.



Slika 7.3. Spektrofotometar X-rite Spectroeye

X-rite SpecroEye ima visoku preciznost i povećanu prilagodljivost. To je pogodno za kompleksnije analize boja zato što može odrediti spektralnu refleksiju na svakoj valnoj duljini. Sa spektrofotometrom (slika 7.3.) su mjerene vrijednosti boja ofsetnih otisaka tijekom tri godine testiranja na način da se za utvrđivanje svake vrijednosti razlike u boji  $\Delta E_{ab}$  ili utvrđivanje CIELab vrijednosti boja koristila prosječna vrijednost od minimalno tri i maksimalno deset mjerenja. Broj prosječnih mjerenja ovisi o površini boje na otisku koja se mjeri. Ukoliko je površina za mjerenje boje veličine 0,5 x 0,5 cm onda su dovoljna tri

mjerenja. Ako je površina boje na otisku 5 x 5 cm onda je potrebno deset mjerenja kako bi se iz prosjeka od deset mjerenja dobio pouzdan rezultat.

#### 7.4. Uređaj za barijerno skeniranje

Uređajem Projectina Docubox forenzic system PIA 6000 [35] u ovom istraživanju skenirani su otisci iz sigurnosnog ofsetnog tiska. Barijerno skeniranje provodilo se s različitim elektromagnetskim zračenjima. Otisci su skenirani u ultraljubičastom području s valnim duljinama od 254 i 365 nm. U bliskom infracrvenom području otisci su skenirani s valnom duljinom od 1000 nm. Slike skeniranih otisaka su u TIFF formatu u RGB modu.

Projectina Docubox forenzic system PIA 6000 je sustav s ručnim i automatskim kontrolnim funkcijama. Digitalna kamera visoke rezolucije sa UV i IR svjetlima sa automatskim skeniranjem analizira krivotvorene dokumente u vizualnom, infracrvenom području, kratkom i dugom UV području, te vrši spektralnu usporedbu s integriranim spektroskopskim modulom. Softver PIA 6000 podržava korisnika dajući usporedbu dokumenata, pisanje izvještaja, bogatu bazu podataka, uključujući i spektralna mjerenja sa svim potrebnim podacima i spektralnim krivuljama CIELab sustava. Integrirana digitalna kamera ima visoku rezoluciju IR boja, s mogućnosti odabira između 1,4 i 5 Mpiksela. Površina polja predviđenog za skeniranje dokumenata je 182x136 mm. Zbog male površine predviđene za skeniranje sve slike u ovom radu biti će prilagođene tom formatu kako bi se barijernim skeniranjem utvrdile sve informacije koje slika nosi. Sa zoom optikom moguće je povećanje do 140 puta sa kolorimetrijom reprodukcijske točnosti s 6,4 nm razlučivosti.



Slika 7.4. Uređaj za barijerno skeniranje Projectina Docubox forenzic system PIA 6000

## **8. ISTRAŽIVANJE NOVE SIGURNOSNE CMYF SEPARACIJE**

U ovom radu uveden je pojam F bojila koje ima svojstvo apsorpcije svjetla u ultraljubičastom, vidljivom i bliskom infracrvenom spektru.

Zbog opsežnosti eksperimentalnih mjerenja i bolje preglednosti dobivenih rezultata ovo poglavlje koncipirano je tako da se uz opis pojedinog eksperimenta prikazani i odgovarajući rezultati mjerenja i njihov kratki komentar.

### **8.1. Plan eksperimenata za područje od 254 do 1000 nanometara**

Koristeći principe CMYKIR separacije provodi se skrivanje grafike u vidljivom spektru i otkrivanje u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom spektru. S time se proširila CMYKIR tehnologija na novo područje valnih duljina od 254 do 1000 nm. Tri spektralna područja (UV: 200 - 400 nm; V: 400 - 700 nm; NIR: 700 - 1000 nm) određuju novi način steganografije.

Skrivanje elemenata postiže se CMYFIR separacijom (dalje CMYF separacija) koja se bazira na kontinuiranom prostoru zamjene CMY i F. Svaka postavka CMYF bojila i odnos papira, te stanja uvjeta stroja i procesa tiska daje vlastite vrijednosti obojenja. Za dobivanje prave recepture vrijednosti boja za ofsetni tisak izvršen je niz eksperimenata s mjerenjima i istraživanjima koja su u radu opisana. Kao rezultat dobivena je skrivena slika vidljiva u UV i NIR spektru. Kako bi se postigla opisana steganografija bilo je potrebno osmisliti separaciju za odgovarajuće zaštitno vidljivo UV fluorescentno ofsetno bojilo koja ima takva svojstva da ima odziv u UV, V i NIR spektru. Skrivena slika bit će intenzivnije u UV i NIR spektru ako sadrže veći udjel F bojila. Ton boje u kojem nema udjela F komponente daje sliku koja će biti vidljiva golim okom, ali neće biti vidljiva u UV i NIR spektru. Sve boje u vidljivom području opisane su sljedećim sustavima: CIELab (Lightness a b); RGB (Red, Green, Blue); HSB (Hue Saturation Brightness). Navedeni sustavi služiti će za opise rezultata mjerenja. Plan eksperimenata opširnije je opisan u poglavljima 8.1.1., 8.1.2., 8.1.3..

### 8.1.1. Utvrđivanje postavke boja

Cilj je dobiti skrivenu sliku u ultraljubičastom i u bliskom infracrvenom području iz procesnih bojila: cijana, magente, žute i F bojila. F bojilo mora imati uz infracrveni efekt i efekt fluorescencije u područjima valnih duljina od 254 i 365 nm. Skrivanje slika u UV i NIR spektru bazira se na CMYF separaciji koja započinje konverzijom iz RGB-a.

Kod konvencionalne separacije iz RGB-a u CMYK bitan element je postavka boje (Color Setting) i profil boje (Working Spaces). Tako je potrebno utvrditi kod konverzije iz RGB-a u CMYF postoje li i koje su postavke i profili boja primjenjivi u ofsetnom tisku na strojevima Heidelberg SpeedMaster 52-2P /2003 i Heidelberg Speed Master 74-2P/2002, s procesnim bojilima CIJAN: Huber Rapid Cyan – 43 F 50 RP; MAGENTA: Huber Rapida Magenta 42F50RP; ŽUTA: Huber Rapida Gelb – 41 F 50 RP; F bojila: Black fluo strong green offset ink 05011; Black fluo orange offset ink 210406, prema vrstama tiskovnih podloga: bezdrveni bijeli ofsetni 80 g/m<sup>2</sup>, mat kunstdruck 80 g/m<sup>2</sup>, zaštićeni papir Sihl 95 g/ m<sup>2</sup> i zaštićeni papir Mould 95 g/ m<sup>2</sup>. Ako se pronađe odgovarajuća postavka boje bit će potrebno manje vremena za pronalaženje idealnih tonova boje koji se međusobno vizualno podudaraju.

Postavke boja definiraju prijelaz iz RGB u CMYK sustava boja. Različite tehnologije tiska koriste sebi svojstvene prostore boja. RGB predstavlja sustav boja koje nisu realne, te kroz digitalne medije kao što su monitori uvjetuju doživljaj boje u ljudskom oku. CMYK boje su realne boje i u ovom radu se odnose na ofsetna bojila u tisku. Odabirom i podešavanjem definirane separacije koju nudi program mogu se postići izvrsni rezultati u ofsetnom tisku i steganografiji. No, ako se promijeni samo tiskovna podloga isti parametri separacije mogu se pokazati potpuno pogrešnima, te se tražena steganografija neće postići.

Nizom eksperimenata navedenih u poglavljima 8.3 i 8.4. iz definiranih postavki boja traži se formula za F bojilo. Informacije za realna bojila ponuđene su u programu Adobe Photoshop koji transformaciju radi preko definirane postavke boja (Color Setting). Definirana postavka boja nudi formule za neka realna bojila koja su standardizirana i kupljena kao gotova.

Provedenim eksperimentima i istraživanjima zaključuje se da nema odgovarajuće i prihvatljive postavke boja za ispitanu skalu tonova boja. Utvrđeno je da u grafičkim programima za upravljanje bojama ne postoji postavka i profil boje za F bojilo i zaštićene papire Sihl i Mould. Zato se pristupilo eksperimentalnom utvrđivanju recepture za CMYF separaciju kroz program postscript. Izrađuju se matematički modeli koji precizno za svaku



vrstu bojila određuju relacije zbrajanja. Osnovna teorija PS-a jest: RGB=1-CMY. Eksperimenti su rađeni prvo sa procesnim bojilima CMYK, jer je samo K bojilo kasnije zamijenjeno F bojilom.

Iako su utvrđeni standardi za upravljanje bojama (color management) i ICC profili za ofsetni tisak, zbog utjecaja drugih čimbenika kao što su: kvaliteta tiskovnih formi; temperatura i vlaga okoline; temperatura ofsetnog stroja; kvaliteta procesnih bojila i otopine za vlaženje; kvalitete tiskovne podloge, vrlo ih je teško kontrolirati tijekom procesa tiska. Kako bi se dobio kvalitetan i ponovljiv rezultat sve te čimbenike koji utječu na kvalitetu ofsetnog tiska trebalo bi kontrolirati na temelju njihovih standardiziranih vrijednosti. Zato je važno da se u ofsetnom tisku koriste repromaterijali koji su certificirani međunarodnim standardom. Prednost u kvaliteti imaju ofsetna bojila koja su certificirana ISO standardom [36] unutar kojeg su strogo definirane vrijednosti CIELAB (tablica 1).

*Tablica 8.1. CIELab vrijednosti ofsetnih bojila za ISO standard*

Bojila	L*	a*	b*
K	18,01	0,80	-0,56
C	56,99	-39,16	-45,99
M	49,98	76,02	-3,01
Y	91,00	-5,08	94,97

Sva bojila koja se koriste u ovom istraživanju certificirana su sa međunarodnim priznatim standardima (poglavlje 7.1.).

U sigurnosnom ofsetnom tisku zaštitna bojila koja se koriste većinom su nevidljiva fluorescentna UV bojila koja nemaju svojstva infracrvene apsorpcije i Z vrijednost im je nula ( $Z=0$ ). Dugogodišnjim istraživanjem i eksperimentiranjem u ofsetnom tisku planirano se ostvario sigurnosni ofsetni tisak na zaštićenim papirima Sihl i Mould i zaštitnim UV vidljivim fluorescentnim bojilima (F bojila). F bojila imaju svojstva apsorpcije u ultraljubičastom, vidljivom i bliskom infracrvenom spektru. Procesna bojila: cijan, magenta i žuta, stavljaju se u odnos s bojilom F, kojem vrijednost Z na zaštićenim papirima iznosi 87%. Radi se kontrolirana separacija boja u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom spektru kojom se proširuje CMYKIR metoda na CMYF metodu. Svi eksperimenti i testiranja odvijaju se u

realnom tisku tako da se rezultati barijernog skeniranja mogu primijeniti u različitim domenama, kao na primjer: službeni obrasci, vrijednosnice, identifikacijski dokumenti.

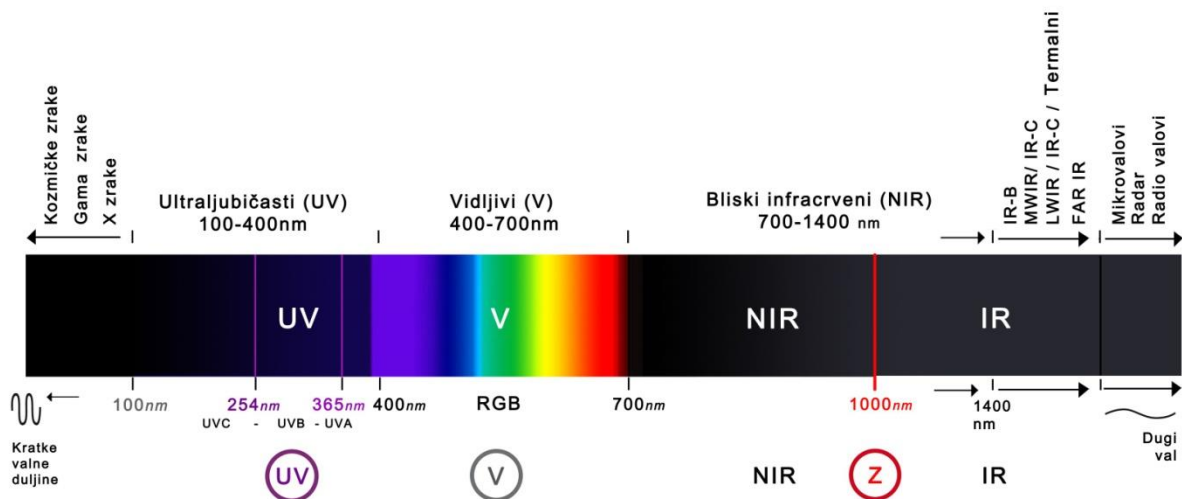
U eksperimentima koji slijede pokazat će se koliko postavke boja i odabrana separacija utječu na izabrane ofsetne strojeve, izabrana ofsetna bojila i izabrane tiskovne podloge. Utvrdit će se da u procesu konvencionalnog ofsetnog tiska za različite tiskovne podloge ne postoji odgovarajuća postavka boja za F bojila. Zato se za svaku vrstu papira mora napraviti eksperimentalni plan izjednačavanja bojila uz izračunavanje poistovjećivanja vizualnog doživljaja otiska sa skrivanjem druge slike.

#### 8.1.2. Područje istraživanja u ultraljubičastom, vidljivom i bliskom infracrvenom spektru

Ofsetnom tehnikom tiska s ofsetnim zaštitnim F bojilima utvrđuje se novi način u zaštiti dokumenata šireći se s elektromagnetskog vidljivog zračenja na elektromagnetska ultraljubičasta i infracrvena zračenja (grafikon 8.1). Pojam vidljivo zračenje odnosi se na bijelu svjetlost koju ljudsko oko percipira kao mješavinu valnih duljina vidljivog spektra od 400 do 700 nm. Elektromagnetska zračenja uzajamno se razlikuju jedino frekvencijom. Te male frekvencijske razlike u području vidljive svjetlosti predočuju boje. Boja ovisi o frekvenciji reflektiranog zračenja i proizlazi iz interakcije svjetla, objekta i promatrača. Na tim varijablama bazira se kolorimetrija u grafičkoj tehnologiji.

Za zaštitu dokumenata koriste se specifične valne duljine ultraljubičastog zračenja kojim se otkrivaju slike ili informacije. To su valne duljine od 254 nm i od 365 nm, uobičajene valne duljine forenzičkih UV kamera s kojima se otkrivaju krivotvorine. U bliskom infracrvenom spektru skrivena slika ili informacija otkriva se pri valnoj duljini od 1000 nm.

Kako bi ljudsko oko u UV i NIR području vidjelo niz valnih duljina F bojila s otiska, odnosno spektralnu informaciju F bojila, služi uređaj za barijerno skeniranje Projectina Docubox forenzic system PIA 6000. Za mjerenje spektralnih informacija i utvrđivanje intenziteta refleksije kroz sve vidljive valne duljine F bojila služi uređaj spektrofotometar X-Rite SpectroEye.



Grafikon 8.1. Područje istraživanja energije pojedinog svjetla u nanometrima

Moguće je projektirati grafiku pomoću tri različite informacije ciljano kreirane u jednoj slici za UV, V i NIR spektar. U grafičkoj pripremi započinje se s prvim miješanjem i prilagodbom osnovnih tiskarskih boja. Korištenjem grafičkih programa i odabirom i prilagodbom svih ponuđenih elemenata u sustavu za upravljanje reprodukcijom boja (Color Management), pripremaju se elementi koji će u tisku biti skriveni u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom spektru. Skriveni elementi ugradit će se u sadržaj višebojne slike koja će biti otisnuta u ofsetnom tisku. Skriveni elementi otkrit će se barijernim skeniranjem.

Pod tonom boje podrazumijeva se doživljaj boje u vidljivom spektru gledan golim okom. Ton boje koji se otkriva u NIR području je uvijek sivi (siva skala), dok je ton boje u UV području uvjetovan fluorescencijom ultraljubičastog bojila. Promatra se samo blisko infracrveno područje od 1000 nm (Z veličina materije bojila) i ultraljubičasto područje od 254 i 365 nm.

Do sada nitko nije radio u ofsetnom tisku eksperimente određivanja GCR metodom s obzirom na vrstu penetracije F bojila u tiskovnu podlogu u odnosu na CMY bojila. No, u ofsetnom tisku reprodukcija nikada se ne ide u toliku preciznost, jer su u ofsetnom tisku dopuštene tolerancije razlike u boji  $\Delta E$  u reprodukciji originala  $\Delta E < 5$ , prema ISO 12647-2:2004. Za skrivanje slike u UV i NIR području potrebno je uz vizualno poklapanje u tonovima boje, utvrditi mjerenjem razliku u boji koja mora biti manja od dva,  $\Delta E < 2$  (mjerenje se vrši

spektrofotometrom SpectroEye X-Rite). Problem utvrđivanja tražene recepture vrlo je kompleksan i neistražen, jer o tome nema nikakvih literarnih podataka. Nemoguće je krivotvoriti tako zaštićeni dokument, jer krivotvoritelj nema kolorimetrijske vrijednosti za bojila koja su određena vrstom tiskovne podloge. Svaki papir sa CMYF bojilima daje sebi svojstvene rezultate. Zato se u ovom radu kreira konkretan zaštićeni dokument za kojeg su provedene procedure eksperimentiranja i istraživanja kako bi se dobila receptura za određeni papir i bojila. Kroz ovaj rad utvrđeni su eksperimentalni planovi izjednačavanja bojila, tako da se za svaku vrstu papira napravio plan poistovjećivanja vizualnog doživljaja otiska sa skrivanjem druge slike. Cilj je sakriti grafiku od gledanja golim okom. Grafika se prepoznaje instrumentalno u UV i NIR području.

Infrared Designom razvijena je CMYKIR separacija [37] koja se odvija u grafičkoj pripremi, a odnosi se na algoritam koji koristi kontinuirane transformacije od RGB do CMYKIR. Konvencionalne separacije RGB u CMYK zamjenjuju se sa CMYF separacijom, gdje F označava fluorescentnu boju. F bojilo ima jaki odziv u UV i NIR području. Kod prijelaza slike iz RGB-a u CMYF separacija se odvija po zadanim algoritmima softvera.

Kroz ovu radnju razrađene su međusobne povezanosti separacija CMYKIR sa CMYF. Sustav za upravljanje bojama upravlja bojama u vidljivom spektru. Na isti način rade i svi kolorimetrijski instrumenti; mjere vrijednosti boja koje se vide golim okom. U vidljivom spektru su i bojila koja se na sebi svojstven način manifestiraju u UV i NIR spektru. Za takva bojila ne postoji „Color Management“ ni kao praksa, niti kao teorija. Bojila u vidljivom spektru koja apsorbiraju NIR spektar mjere se veličinom Z [38]. Bojila koja su korištena u ovom radu planirana su za promatranje instrumentima. Eksperimentiranjem i istraživanjem na način opisan u ovome radu, utvrđuje se receptura za izabrani zaštićeni papir i za izabrane vrste bojila prema tehnologiji tiska.

Tri stanja grafike u svom sadržaju imaju dvije slike otisnute na istoj površini. Slike se međusobno u potpunosti vizualno pokrivaju. Prva slika je vidljiva na dnevnom svjetlu, dok je druga skrivena. Skrivena slika otkriva se barijernim skeniranjem s uređajem Projectina Docubox u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom području. Vidljivost u UV i NIR području nisu jednake, već ovise o valnim duljinama barijere instrumenta kojim se skeniraju. Na 1000 nm dolazi do potpunog raščlanjivanja utjecaja procesnih CMY bojila. Na 800 nm vidi se utjecaj procesnog cijan bojila na sliku, a na 600 nm gubi se utjecaj procesnog žutog bojila na sliku.

U CMYF separaciju ulaze dvije različite slike s tri ciljana stanja prepoznavanja koja su nezavisna i različita. Prvoj slici, koja će se vidjeti, pridružuje se parametar područja vidljive svjetlosti - valna duljina od 400 do 700 nm. Drugoj slici koja je skrivena određuju se dva identifikacijska stanja. Prvo je određeno sa ultraljubičastim područjem od 365 nm, a drugo sa blisko infracrvenim područjem od 1000 nm. Prva slika se vidi samo na dnevnom svjetlu, a druga slika se izdvojeno vidi u UV i NIR području. Ta dva stanja iste slike promatraju se instrumentalno. Promatrana slika otkriva razlike između UV i IR stanja, jer svako ima svoja vlastita svojstva apsorpcije UV i NIR svjetla uvjetovana nanosom F bojila. Zato se svojstva apsorpcije UV i NIR svjetla različito manifestiraju. Planirana skrivena slika se promatra na tri načina. Prvi je samostalno vizualno stanje ulazne slike u CMYF separaciju. Drugo stanje nastaje pod djelovanjem UV svjetla. Treće stanje nastaje u NIR spektru. Najveća sličnost je između početne slike koja se priprema za skrivanje sa stanjem u NIR spektru. Najveća razlika između ova tri stanja je između UV slike u odnosu na zadanu sliku i IR sliku; što ponegdje dovodi i do neprepoznatljivosti UV stanja. Iako se krenulo sa UV bojilom, u ovom radu je upravo ono najudaljenije od početne zadane slike.

Koriste se procesna ofsetna bojila cijan, magenta, žuta i F bojila koje imaju odziv u trima različitim spektrima. Za odabrana ultraljubičasta vidljiva fluorescentna bojila  $F_n$ , koje fluorescira u narančastu i  $F_z$ , koje fluorescira u zelenu pripremljene su recepture miješanja sa CMY bojilima. Iz tonova boja sa otiska koji se vizualno poklapaju i gdje su spektrofotometrijskim mjerenjem utvrđene razlike u boji,  $\Delta E$ , manje od dva, kreira se nova skala boje i receptura za nova bojila s namjerom skrivanja grafike.

Otkriva se sigurnosni tisak gdje se istovremeno koriste svojstva bojila za UV i NIR spektar. Skrivanje slike u vidljivom spektru postiže se sa procesnim CMY bojilima i sa ultraljubičastim F bojilom.

### 8.1.3. Prihvatljive vrijednosti $\Delta E$ za prihvaćanje boja blizanaca

Različite studije predlažu različite vrijednosti za  $\Delta E$  kod kojeg je utvrđena “samo primjetna razlika u boji”, gdje se  $\Delta E = 1.0$  najčešće uvažava. Zbog neujednačenih tvrdnji oko vrijednosti razlike u boji koja je primjetna za ljudsko oko, utemeljen je međunarodni standard CIELab prostor boje sa formulama 1994 i 2000 za DeltaE. Smatra se da ljudsko oko može raspoznati razliku u boji  $\Delta E = 2$  iako se mišljenja oko toga razilaze.

U ovom istraživanju s ofsetnih otisaka prihvatljivi su samo oni tonovi boje koji se vizualno podudaraju i koji imaju izmjerenu razliku u boji manju od dva,  $\Delta E^*ab < 2$ . Utvrđeno je da se kod pojedinih boja golim okom vidi jedva primjetna razlika u bojama kod izmjerenog  $\Delta E^*ab \approx 2$ . Zato je vizualno prihvaćanje pojedinih boja najznačajniji faktor za skrivanje slike u UV i NIR spektru.

Kod uspoređivanja dogovorenih ili standardiziranih boja u odnosu na reproduciranu boju, upotrebljava se spektrofotometar X-Rite SpectroEye za određivanje stupnja razlike boja. Korištenjem spektrofotometra određena boja se može definirati sa točnim CIELab vrijednostima koje se nalaze unutar CIELab prostora boja. Dozvoljene razlike  $\Delta E$  kod otisaka u ofset tehnici tiska prema ISO 12647-2:2004 standardu [39] prikazane su u tablici 8.2 za određivanje razlike između dviju boja.

*Tablica 8.2. ISO 12647-2:2004 za ofsetni tisak, dopuštene tolerancije  $\Delta E$  u reprodukciji originala*

Vrijednosti $\Delta E$ za otiske u ofsetnom tisku				
	Crna	Cijan	Magenta	Žuta
Tolerancija devijacije	5	5	5	5
Tolerancije varijacije	4 ( $\pm 8\%$ gustoće)	4 ( $\pm 8\%$ gustoće)	4 ( $\pm 8\%$ gustoće)	4 ( $\pm 8\%$ gustoće)

Devijacija je dozvoljena razlika između dobrih otiska iz naklade i referentnih vrijednosti, dok varijacija označava dozvoljenu razliku između dobrih otiska i uzorka iz naklade koji je uzorkovan slučajnim odabirom. Iako su vrijednosti razlika u boji po ISO 12647-2:2004 standardu maksimalno 5, kod skrivanja slike u UV i NIR području, te dozvoljene razlike u bojama su vidljive i zato nisu primjenjive. Kod pojedinih svjetlijih boja kao što su svjetlo siva ili žuta, koje su imale  $\Delta E \approx 2.5$ , razlike su vizualno bile primjetne i stoga neprihvatljive; dok su kod nekih tamnijih boja kao što je tamno smeđa ili tamno siva koje su imale  $\Delta E \approx 2.5$ , razlike vizualno bile prihvatljive. ISO 12647-2:2004 standard zbog svih varijabli koje utječu na kvalitetu ofsetnog tiska jest učinkovit i prihvatljiv kod reproduciranja originalne slike; no za skrivanje slike u UV i NIR području u potpunosti je neprihvatljiv.

Ovim radom utvrđeno je da ljudsko oko prepoznaje skrivenu sliku ukoliko je  $\Delta E > 3$ . Takve razlike u tonovima boje vizualno narušavaju cjelovitost grafike čime se skrivena slika ili informacija uzdiže iznad grafike i prepoznaje golim okom.

#### 8.1.4. Skrivanje slike kroz sustav blizanaca bojila

Boje s kojima se skriva slika u dva spektra sadrže vidljivo ultraljubičasto bojilo koje je na otisku tamno smeđe/sivo (bojilo F). Utvrđuje se metoda CMYF, gdje je bojilo K zamijenjeno s bojilom F. Stvara se nova skala bojila za ofsetni tisak. Grafika koja je kreirana od ofsetnih bojila CMYF skriva se u istom tonu boje kreiranom iz CMY bojila. Utvrđene formule kolorimetrijskih vrijednosti svakog pojedinog bojila ugrađuju se u dizajn F/Z grafika.

Izmjerene kombinacije vrijednosti boja ugrađene su u grafike koje će se vidjeti na otisku u vidljivom spektru. Do sada nitko nije kreirao grafike koje istovremeno nose UV i IR bojila s ciljano velikim brojem boja blizanaca.

U ovoj radnji s CMYF separacijom održavanje istog tona boje omogućeno je oduzimanjem CMY bojila i dodatkom fluorescentnog F bojila. Dokument zaštićen s F/Z grafikom nitko ne može ponoviti skeniranjem jer nema mogućnosti saznanja potrebnih informacija ostvarene CMYF separacije pri spajanju dvije slike. CMYF separacija uvodi se eksperimentalno u zaštitni tisak.

U odnosu na izbor vrste tiskovne podloge identična postava CMYF bojila u istim uvjetima tiska ima utvrđene različite vrijednosti  $\Delta E$ . Zato je prema vrsti papira potrebno odrediti recepture CMYF bojila. Ciljano se određuje kada dolazi do jednoznačne zamjene CMY, gdje je  $F=0$ ; sa CMY gdje je zadana količina F bojila,  $F=40\%$ . Ovo je najvažnija stavka u kreiranju i izradi steganografije za UV i NIR područje. Dvije slike od kojih je jedna vidljiva golim okom, a druga se detektira instrumentalno, gdje prva slika skriva drugu u vizualno istim tonovima boje.

Grafika F/Z čiji je sadržaj iz ofsetnih bojila CMYF, skrivena je u istom tonu boje kreiranom iz CMY bojila. Višefaznim testiranjem utvrđuje se nova skala bojila za ofsetni tisak. Koristi se CIELab prostor boja za analizu rezultata mjerenja, prilagodbu i miješanje bojila za ofsetni tisak, kao i za ispitivanje boja u vidljivom spektru. Rješenja separacije za tri različita

spektralna područja rade se za neograničeni broj tonova. Procesne boje osiguravaju bazu za postavljanje algoritma za skrivanje grafike u UV i NIR spektru. Kreira se visoko zaštićeni dokument u ofsetnom tisku upravljajući bojilima u trima različitim spektrima. Takvim dizajnom otvaraju se nove mogućnosti i mijenjaju dosadašnji načini sigurnosnog tiska dokumenata.

U eksperimentima se koriste vidljiva tamno siva UV fluorescirajuća „F“ bojila  $F_z$  i  $F_n$ . Bojilo  $F_z$  izloženo UV zračenju fluorescira u zelenu boju. Bojilo  $F_n$  izloženo UV zračenju fluorescira u narančastu boju. S tim ofsetnim UV bojilima s fluorescirajućim efektom dobivena je CMYF separacija sa UV i IR svojstvima. Cilj je dobiti sliku koja će se vidjeti u UV području i sliku koja će se vidjeti u NIR području. Obje slike daje F bojilo sa Z vrijednosti. Te dvije slike su geometrijski jednake, ali UV slika je fluorescentno zelena ili fluorescentno narančasta i otkriva se s UV zračenjem, a IR slika je siva i otkriva se s NIR zračenjem. Ako je ulazna slika za CMYF separaciju crno bijela fotografija, onda se u NIR području otkriva crno bijela fotografija sa svim detaljima i finim prijelazima sivih tonova s kojima je početna slika ušla u proces separacije; dok u UV području na otkrivenu sliku snažan utjecaj imaju cijan, magenta i žuta iz grafike iz vidljivog spektra, kao i fluorescirajući efekt kod kojeg nema finih prijelaza svjetlijih i tamnijih tonova ulazne slike. Zato slika u UV području nema fine detalje iz ulazne slike kao što ih ima slika otkrivena u NIR području.

Svaka postavka za CMYF bojila u odnosu na vrstu tiskovne podloge, uz sve varijable koje utječu na kvalitetu ofsetnog tiska, daje vlastite vrijednosti obojenja. Istim tiskovnim formama mijenjajući samo papir u istim uvjetima tiska dobivaju se kod istih tonova boje velike razlike u boji ( $\Delta E > 5$ ). Mora se kvantitativno, planski odrediti kada će doći do jednoznačne zamjene CMY i F, kada je  $F=0$  i kada je F maksimalan ( $F=40\%$ ). Cilj je napraviti dvije slike koje se spajaju razvijenom aplikativnom algoritamskom metodom koja je zaštićena patentom Infrared Design. Te dvije slike u potpunosti se podudaraju u svim zadanim tonovima boje, te je skrivena slika ona koja u sebi ima maksimalno F bojila ( $RTV=40\%$ ), dok je slika koja se gleda golim okom s minimalno F bojila ( $RTV=0\%$ ). Cilj je postići maksimalnu preciznost za određene uvjete tiska.

Poznata je steganografija sa UV i IR bojilima, ali je dosadašnja praksa uvijek razdvajala ta bojila i njihovu upotrebu. Na vrhunski zaštićenim dokumentima kao što su novčanice upotrijebljena su ultraljubičasta i infracrvena bojila, ali ne na istim elementima slike. Zato je



zajednički sadržaj skrivene slike u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom području između kojih je vidljivi spektar potpuno nova metoda zaštite. Radi se o vrhunskoj zaštiti jer se za izradu falsifikata moraju istovremeno uključiti tri spektra za koje se moraju unaprijed definirati vrijednosti sadržaja slike koja će biti vidljiva golim okom i vrijednosti skrivenog sadržaja koji se otkriva instrumentalnim skeniranjem.

## 8.2. Profili boja za CMYF separaciju

### 8.2.1. Utjecaj profila boja na steganografiju

Kako bi se u ofsetnom tisku ostvarilo skrivanje slike u UV i NIR području s procesnim bojilima, trebalo je prvo pronaći odgovarajuća bojila. Za crnu je postavljena relacija:  $K=C+M+Y$  s jednakim udjelima C, M i Y, pa bi stoga trebalo biti moguća zamjena crne boje za CMY. No, u realnoj upotrebi tiskarskih ofsetnih bojila nije bilo moguće postići niti sivi ton s jednakim vrijednostima C, M i Y. Kao rezultat jednakih udjela CMY vidljiv je smeđe-sivi ton.

Pri doziranju crnog bojila u odnosu na CMY bojila osim utjecaja odabranih postavki boja u grafičkoj pripremi, utjecaja tehnologije tiska i vrste bojila, značajnu ulogu imaju i repromaterijali na kojima se tiska. Prilikom konverzije iz RGB-a u CMYK veliku ulogu ima utjecaj akromatskih metoda separacije UCR Under Colour Removal i GCR Grey Component Replacement. Za razliku od UCR separacije koja ulazi samo u neutralne i tamne tonove slike, GCR separacija ulazi puno dublje u sve tonove slike, te gdje god su podjednake vrijednosti cijana, magente i žute zamjenjuje ih se crnom.

Kod standardne konverzije iz RGB-a u CMYK, svaki pojedini piksel programiran je GCR, UCR i UCA metodama, te je slika dobivena u CMYK-u zapis informacija navedenih metoda. Kod ulaznog RGB-a piksel ima vrijednost između 0 i 1, gdje je 0 vrijednost za najtamniji dio slike (crna), a 1 za najsvjetliji (puni intenzitet, bijela).

Početna razmišljanja transformacije separacije su:

$C=1-R$ ;  $M=1-G$ ;  $Y=1-B$ ;  $K=0$ ; što ne vrijedi i za realna bojila.

Fogra 27	Fogra 27	Euroscale uncoated v2	Eurosc. uncoated v2	SWOP	SWOP
CMYK 50,50,50,0	Pant. 409	CMYK 50,50,50,0	Pant. 409	CMYK 50,50,50,0	Pant. 409
RGB 148,129,119	CMYK 49,46,45,7	RGB 147,127,122	CMYK 44,41,44,14	RGB 146,128,120	CMYK 42,40,40,17
Lab 56,6,8	RGB 141,129,123	Lab 55,7,6	RGB 141,129,123	Lab 55,6,7	RGB 141,129,123
Pant. 409	Lab 55,4,5	Pant. 409	Lab 55,4,5	Pant. 409	Lab 55,4,5

Slika 8.1. Utjecaj profila boja, izvor: aplikacija Adobe Photoshop

U programu Adobe Photoshop u postavci boja izmijenjeni su profili boja prema slici 8.1. za boju čije su vrijednosti u CMYK-u uvijek iste, 50,50,50,0. Kod odabrane postavke boja: Europe General Purpose 2 i profila boje: Coated FOGRA27 (ISO 12647-2:2004) RGB vrijednosti boje su 148,129,119, CIELab: 55,6,8. Ista boja očitana u profilu boja: Euroscale Uncoated v2 ima vrijednosti RGB-a: 147,127,122, CIELab: 55,7,6. Odabrana spot boja Pantone 409 u svim odabranim profilima (Euroscale uncoated v2, Fogra 27 i Swop) ima uvijek iste RGB vrijednosti: 141,129,123, CIELab: 55,4,5; dok se vrijednosti CMYK-a razlikuju. Razlike nastale utjecajem odabranih postavka i profila boja imaju veliki utjecaj na ofsetni tisak u kojem se skriva slika u UV i NIR spektru. Razlog tome je što dopuštene razlike u boji moraju biti manje od dva ( $\Delta E < 2$ ).

### 8.2.2. Miješanje karbon crnog bojila s fluorescentnim nevidljivim ultraljubičastim bojilima

Kako bi se dobila tražena separacija za tri različita spektra, prvo je trebalo pronaći odgovarajuće bojilo. Takvo bojilo mora imati svojstva odziva u UV i NIR području. Zato se u prvim eksperimentima istražuju bojila koja su dobivena miješanjem procesnih CMYK bojila i zaštićenih spot UV fluorescentnih bojila. Eksperimenti i rezultati istraživanja opisani su u sljedećim poglavljima.

Prvi eksperiment započinje s miješanjem procesnog karbon crnog bojila Huber Rapida Schwarz–49F50RP s nevidljivim ultraljubičastim fluorescentnim žutim bojilom Petrel UV invisible fluo strong yellow ofset 10011. Pokus je ponovljen s nevidljivim fluorescentnim plavim UV invisible fluo blue ofset 10030 i s nevidljivim fluorescentnim crvenim bojilom UV invisible fluo red ofset 10050.

Tablica 8.3. Rezultati miješanja crnog procesnog bojila i nevidljivog UV fluorescentnog bojila

Zamiješana ofsetna bojila		Rezultati skeniranja	
CRNA: Huber Rapida Schwarz – 49 F 50 RP	UV <b>nevidljivo</b> fluorescentno bojilo	NIR PODRUČJE $\Lambda=1000$ nm	UV PODRUČJE $\Lambda=365$ nm
10%	90%	Svijetlo sivi ton	<b>Nema fluorescencije</b>
20%	80%	Svijetlo sivi ton	<b>Nema fluorescencije</b>
30%	70%	Svijetlo sivi ton	<b>Nema fluorescencije</b>
40%	60%	Sivi ton	<b>Nema fluorescencije</b>
50%	50%	Sivi ton	<b>Nema fluorescencije</b>

Ovim eksperimentom utvrđeno je da je crno procesno bojilo u potpunosti uništilo fluorescenciju iz nevidljivih UV fluorescentnih bojila; i to kod svih mogućih kombinacija miješana dvaju bojila (tablica 8.3).

Utvrđeno je da se miješanjem crnog procesnog bojila s nevidljivim fluorescentnim ultraljubičastim bojilom ne može dobiti slika u UV području.

### 8.2.3. Miješanje procesnih bojila s vidljivim ultraljubičastim fluorescentnim bojilom

U sljedećem eksperimentu s karbon crnim procesnim bojilom pomiješano je vidljivo žuto UV fluorescentno bojilo Pantone 803 koje fluorescira u žutu. Miješanjem navedenih bojila dobivena je zelena boja koja je u ovom eksperimentu nazvana Zelena 1. Drugo bojilo koje je zamiješano dobiveno je miješanjem bojila Pantone 803 i crnog bojila koje u svom sadržaju ima samo CMY bojila. Bojilo dobiveno njihovim miješanjem nazvano je Zelena 2. Potrebno je pronaći tonove Zelene 1 i Zelene 2 koji se vizualno podudaraju, te odrediti njihova stanja barijernim skeniranjem. Recepture miješanja navedenih bojila dane su u tablici 8.4.

Tablica 8.4. Recepture miješanja bojila

ZELENA 1. Zamiješana ofsetna bojila		ZELENA 2. Zamiješana ofsetna bojila	
CRNA: Huber Rapida Schwarz – 49 F 50 RP	UV <b>vidljivo</b> fluorescentno bojilo: Pantone 803	CMY bojila (crna )	UV <b>vidljivo</b> fluorescentno bojilo: Pantone 803
20%	80%	20%	80%

Zelena 1 je na otisku u redcima, a Zelena 2. u obliku kvadrata koji su smješteni unutar redaka (slika 8.2). Kod obje boje RTV vrijednosti penju se od 10% do 100% u deset koraka. Papir na

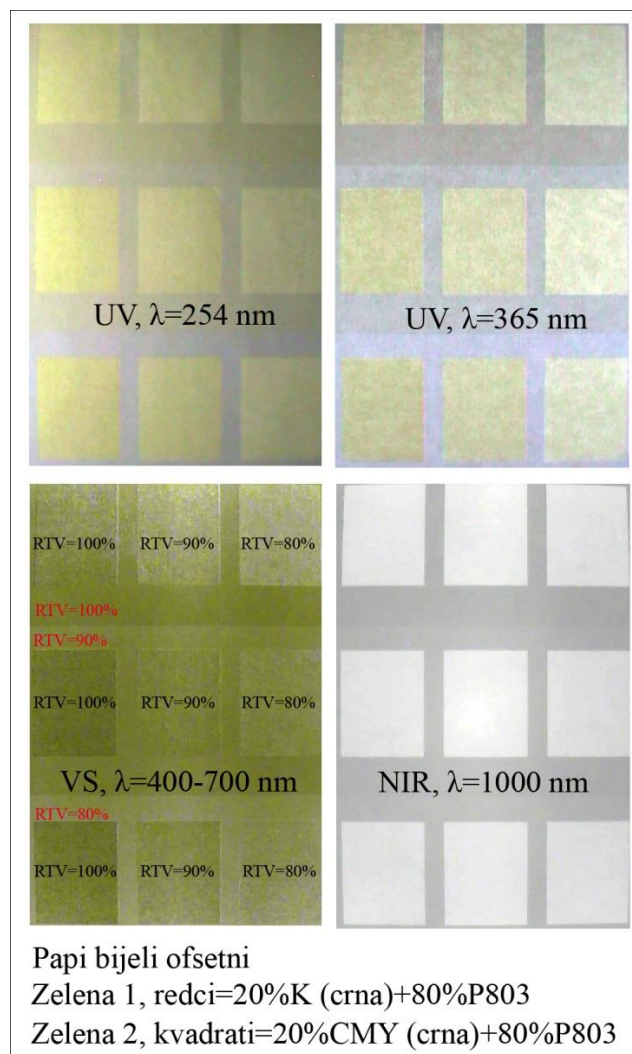
kojem se tiskalo je ofsetni bijeli bezdrvni 80 g/m<sup>2</sup>. Tisak se odvija na ofsetnom stroju formata B3, Heidelberg Speed Master 52. Traži se podudaranje tonova otisnutih bojila Zelene 1 i Zelene 2, njihova fluorescencija (F faktor) i infracrvena slika (Z faktor). Otisak se barijerno skenira u ultraljubičastom području valnom duljinom od 254 i 365 nm, u vidljivom području od 400 do 700 nm i u bliskom infracrvenom valnom duljinom od 1000 nm.

Tablica 8.5. Rezultati otisnutih kombinacija RTV Zelene 1 i Zelene 2

Usporedba otisaka (redci i kvadrati)		Rezultati skeniranja			
Zelena 1. (K+803) redci	Zelena 2. (CMY+803) kvadrati	NIR, $\lambda=1000$ nm		UV, $\lambda=254$ nm	
		Zelena 1	Zelena 2	Zelena 1	Zelena 2
10%	10%	Slika nije vidljiva	Slika nije vidljiva	Nema fluorescencije	Nema fluorescencije
20%	20%	Slika se primjećuje	Slika nije vidljiva	Nema fluorescencije	Fluorescencija se primjećuje
30%	30%	Slika se primjećuje	Slika nije vidljiva	Nema fluorescencije	Fluorescira u žutu
40%	40%	Slika je vidljiva	Slika nije vidljiva	Nema fluorescencije	Fluorescira u žutu
50%	50%	Svijetlo sivi ton	Slika nije vidljiva	Nema fluorescencije	Fluorescira u žutu
60%	60%	Svijetlo sivi ton	Slika nije vidljiva	Nema fluorescencije	Fluorescira u žutu
70%	70%	Svijetlo sivi ton	Slika nije vidljiva	Fluorescencija se primjećuje	Fluorescira u žutu
80%	80%	Svijetlo sivi ton	Slika nije vidljiva	Fluorescira u žutu	Fluorescira u žutu
90%	90%	Svijetlo sivi ton	Slika nije vidljiva	Fluorescira u žutu	Fluorescira u žutu
100%	100%	Svijetlo sivi ton	Slika nije vidljiva	Fluorescira u žutu	Fluorescira u žutu

Otisak sa zamiješanim bojilima izložen je valnoj duljini od 365 nm u UV spektru. Pri toj valnoj duljini fluorescencija Zelene 1 ne primjećuje se do RTV od 90%, dok se kod Zelene 2 fluorescencija vidi kod RTV od 30%. Tek kod RTV od 90% do 100% Zelene 1 vidljiva je fluorescencija u ultraljubičastom području od 365 nm (slika 8.2).

Jača fluorescencija otiska dobivena je izlaganjem valnoj duljini od 254 nm (slika 8.2). Pri toj valnoj duljini fluorescencija Zelene 2 vidljiva je kod RTV od 30%. Kod Zelene 1 pri valnoj duljini od 254 nm fluorescencija je vidljiva tek kod RTV od 80% (tablica 8.5).



Slika 8.2. Barijerno skeniranje otiska Zelene 1 i Zelene 2, papir ofsetni

Rezultati fluorescencije znatno su bolji kod Zelenog 2 bojila. Što je veća RTV Zelene 2 boje jača je i fluorescencija. Što je veća RTV Zelene 1 to je jači ton sive slike u NIR području. Ovim eksperimentom utvrđeno je da se kod bojila koja su miješana na opisan način (tablice 8.4 i 8.5) ne može uskladiti ton, svjetlina i zasićenje Zelene 1 (K+P803) i Zelene 2 (CMY+P803). Otisnuti tonovi Zelene 1 i Zelene 2 vizualno se ne pokrivaju. Utvrđeno je da se rezultati fluorescencije poklapaju pri valnoj duljini od 254 nm i to kod različitih nanosa Zelenog 1 i Zelenog 2 bojila (90% Zelene 1 i 40% Zelene 2). Zato bi skrivena slika u NIR području bila vidljiva samo preko Zelene 1, a slika u UV području bila bi vidljiva i preko Zelene 1 i preko Zelene 2. Utvrđeno je da se miješanjem procesnih bojila cijana, magente i žute sa UV vidljivom fluorescentnim bojilom u omjeru: 20% CMY + 80% UV, dobivaju izvrsni rezultati fluorescencije u ultraljubičastom spektru.

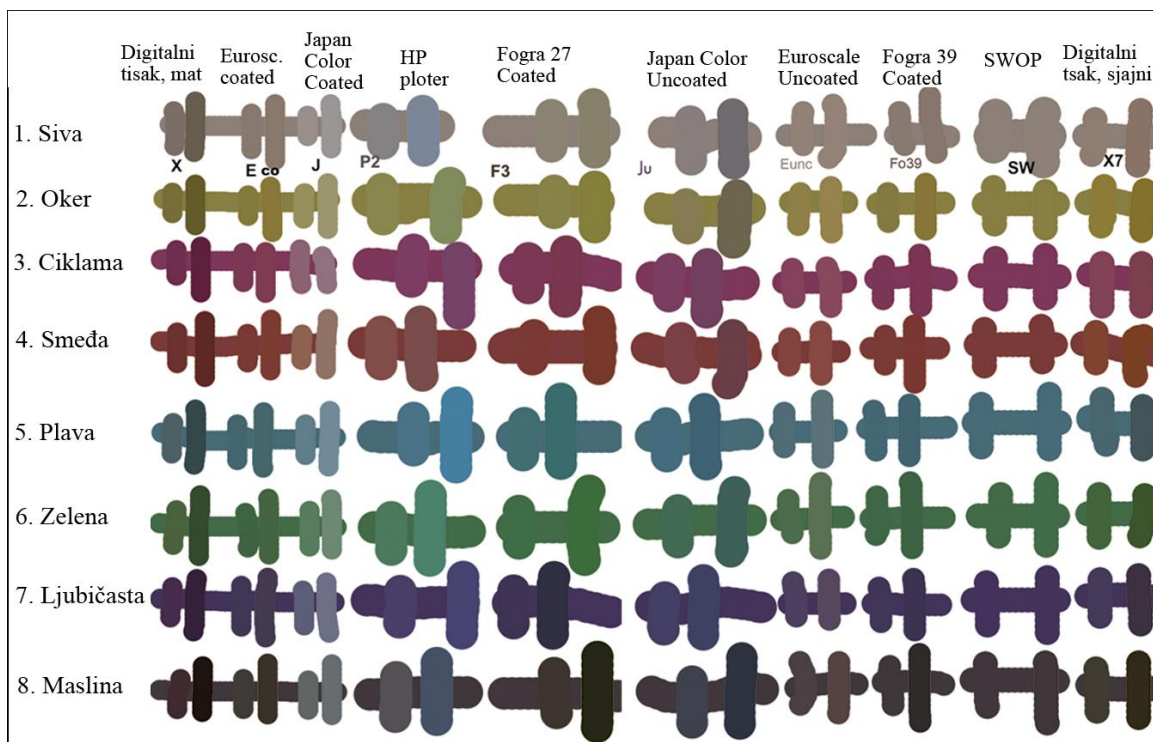
### **8.3. Eksperimentalna postavka boja za ofsetna bojila koja imaju svojstva apsorpcije svjetla u tri spektra**

#### 8.3.1. Utvrđivanje postavke boja za F bojila

U istim uvjetima tiska sa istim tiskovnim formama boje se drugačije ponašaju u ovisnosti o vrsti tiskovne podloge na koju se tiska (premazni i nepremazni papiri, upojni i ne upojni papiri, ekstra bijeli papiri, zaštićeni papiri). Zato je bilo potrebno ispitati postoji li profil boja koji je odgovarajući odabranoj tiskovnoj podlozi, procesnim ofsetnim bojilima, fluorescentnim ultraljubičastim ofsetnim bojilima, te tiskarskim strojevima Heidelberg Speed Master 52 i Speed Master 74. Za skrivanje slike vrlo je bitno informacije o bojilima kvalitetno transferirati iz jednoga medija u drugi (iz RGB-a u CMYF, iz PDF-a na tiskovnu formu).

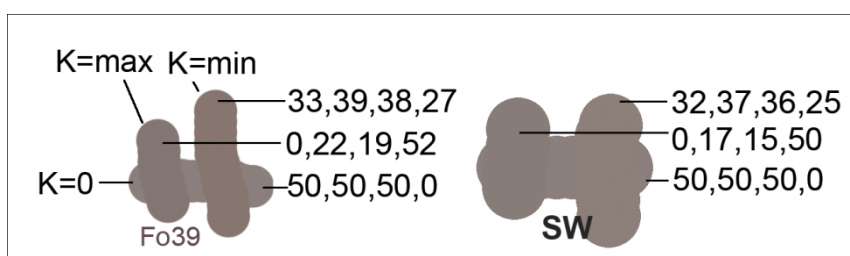
Cilj je dobiti kvalitetnu reprodukciju održavanjem jednakog nanosa bojila od prvog prihvaćenog do posljednjeg otiska. Kako bi utvrdili koji od ponuđenih standardnih profila bojom odgovara uvjetima u ofsetnom tisku kreirana je skala boja od osam uzoraka sa tri elementa (slika 8.3). Sofisticirani program za obradu boja, Adobe Photoshop, ima ugrađene postavke boja za tisak u cijelom svijetu: evropski tisak, japanski tisak, američki tisak, itd. U ofsetnom tisku kojim se služimo da bi ostvarili cilj skrivanja slike u slici, gdje se dva ista tona boje u vizualnom spektru moraju tako dobro podudarati da razlika u boji mora biti manja od dva ( $\Delta E < 2$ ); potrebna je velika preciznost u postavkama boja. Uz procesna bojila i poznate papire (ofsetne ili kunstdruck papire), koristit će se specijalni zaštićeni papiri i specijalna bojila koja imaju odziv u tri spektra. Kako bi se približili preciznijim postavkama boja za ofsetni tisak prvo će se utvrđivati postavke boja za standardna procesna bojila i papire, koja će se kasnije dopuniti sa specijalnim bojilima i papirima.

U ovom eksperimentu koristi se crno procesno bojilo K, koje će se zamijeniti sa fluorescentnim ultraljubičastim bojilima. Utvrđuje se odgovarajuća postavka boje za K bojilo kao i odstupanja kada se K bojilo zamijeni s fluorescentnim ultraljubičastim bojilom.



Slika 8.3. Utvrđivanje postavke boja za ofsetni i mat kunstdruck papir

Svaki od uzoraka boje kreiran je s drugim postavkama i profilom boje. U prvoj koloni, odozgo prema dolje, duž svih osam boja korištena je ista postavka boja. Postavke boja se mijenjaju s lijeva na desno. Tako je ukupno deset različitih ponuđenih postavki upravljanja bojama za osam boja (uzoraka). Svaki pojedini uzorak ima tri elementa (slika 8.4) i svaki od elemenata ima istu boju s istim vrijednostima RGB-a, izvedenu s različitim vrijednostima CMYK-a pri K=0 (element koji je horizontalno), K maksimalno (lijevi element postavljen vertikalno) i K minimalno (desni element postavljen vertikalno).



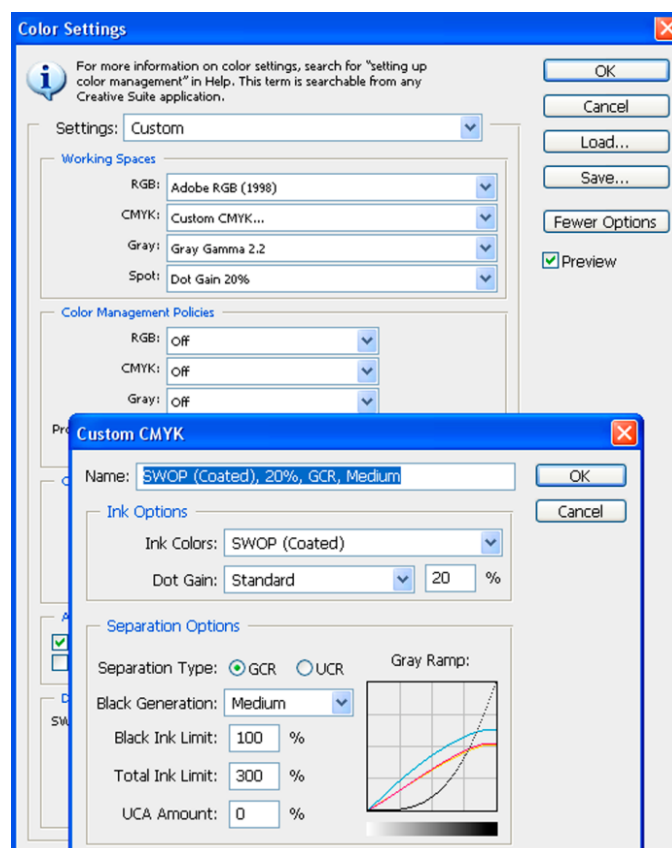
Slika 8.4. Uzorak s tri elementa, primjer iz postavke Fogra 39 i Swop

Cilj je dobiti otisak na kojem će se vizualno podudarati najmanje pet boja (pet uzoraka) istog profila boja. Vizualno podudaranje svakog pojedinog uzorka podrazumijeva poklapanje

tonova boje sva tri elementa u vidljivom spektru. Traži se kolona, odnosno profil boje s uzorcima čiji će elementi na otisku vizualno biti jednaki.

Najbolji rezultati dobiveni su od europske postavke Europa General Purpose 2, profil boja Euroscale uncoated v2 i Fogra 39, te prilagođene (custom) postavke boja s profilom Swop (slika 8.5).

Kod definiranja vlastitog prostora boja, upravljanje bojom će se isključiti „Color Management: Off“. U slučaju da ni jedna definirana postavka iz programa Adobe Photoshop nije odgovarajuća za određenu tehnologiju tiska, tiskovne podloge i bojila, definira se vlastiti prostor boja koji ulazi u tisak bez utjecaja „Color Setting-a“.



Slika 8.5. Prilagođena postavka boje za višebojni ofsetni tisak,  
izvor: Adobe Photoshop

Grafički programi imaju desetke definiranih postavki boja za određene tehnologije tiska, tiskovne podloge i bojila. Postoji više načina separacije boja. Najpoznatije su UCR, GCR i UCA metode koje definiraju nanos crnog bojila u odnosu na cijan, magentu i žutu. Te metode su osmišljene kako bi se uštedjelo na šarenim CMY bojilima. GCR metodom povećava se udio K komponente i smanjuje udjel CMY komponenti. GCR separacijom definirani su nanosi crne boje i svrstani u

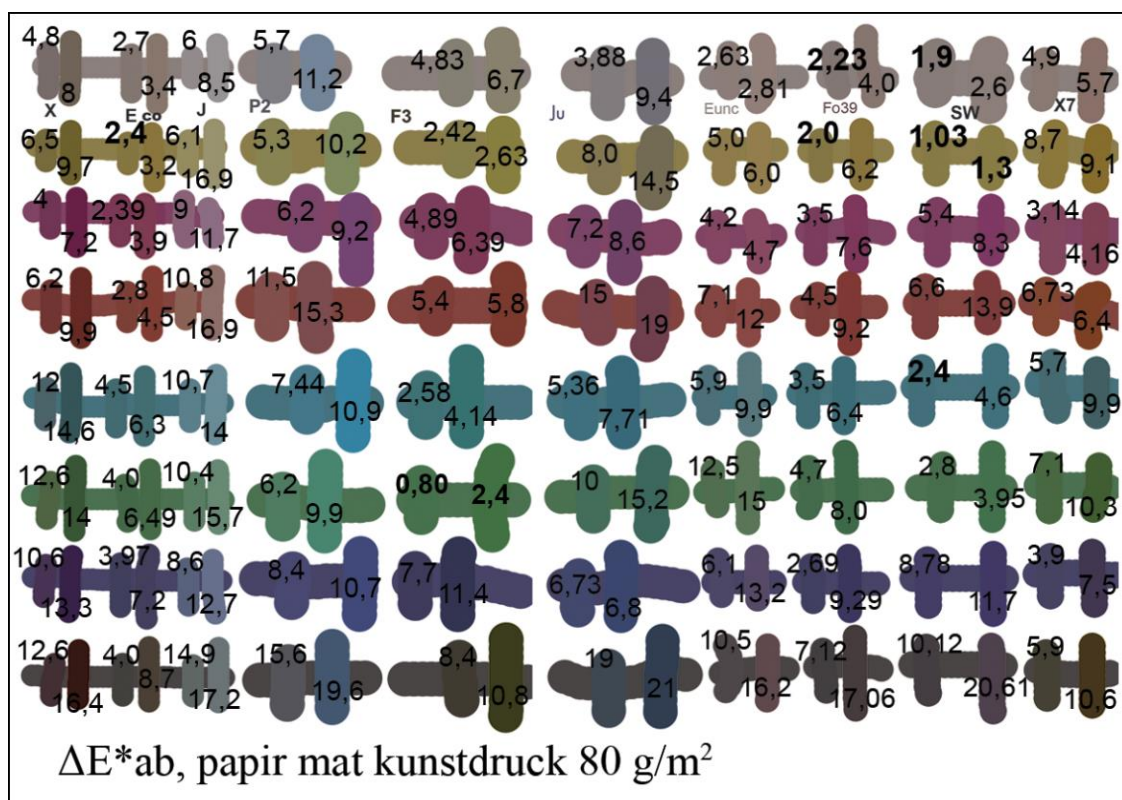


četiri kategorije: light, medium, heavy, maximum. Kada se odabere jedna od postavki mogu se podesiti krivulje crne boje čime se automatizmom podešavaju sve ostale boje.

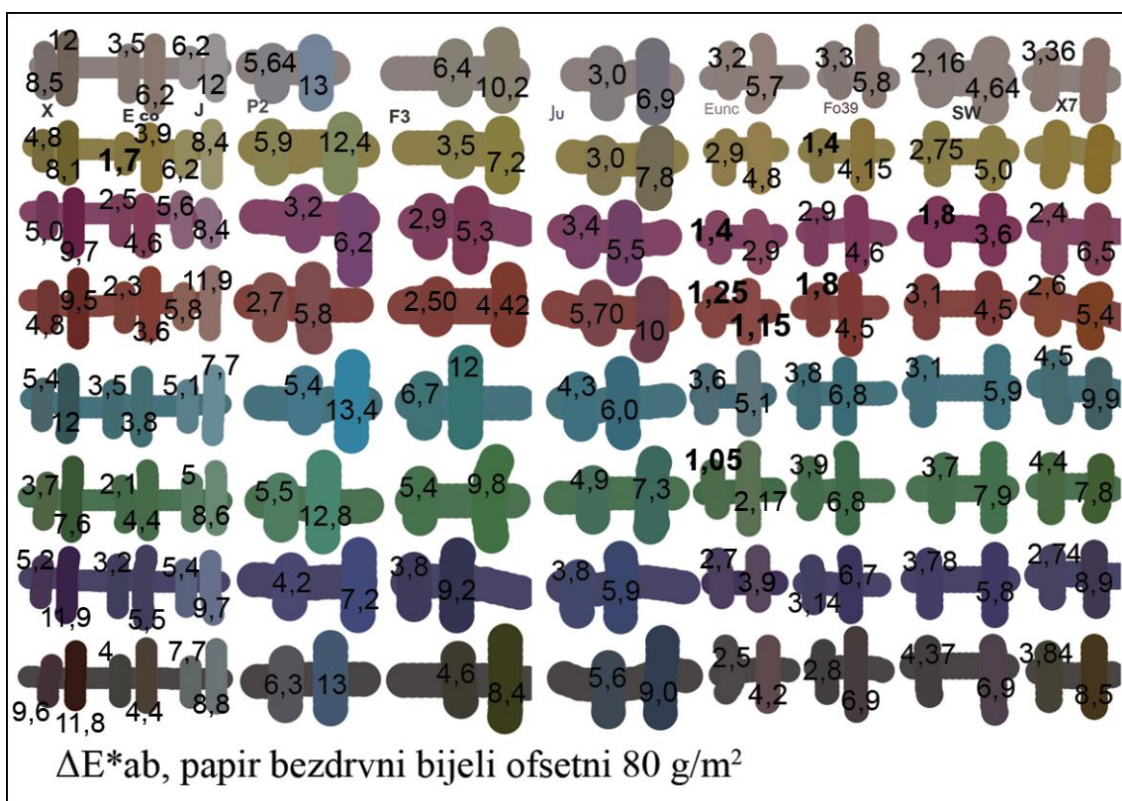
U sljedećim eksperimentima pokazat će se koliko postavke boja utječu na izabrane ofsetne tiskarske strojeve, izabrana ofsetna bojila i izabrane tiskovne podloge.

### 8.3.1.1. Utjecaj tiskovne podloge na postavke boja

U ofsetnom tisku otisnuti su uzorci boja sastavljeni od tri elementa na dvije različite tiskovne podloge: mat kunstdruck i ofsetni papir (slike 8.6 i 8.7). Svaka kolona s osam uzoraka boje ima različite profile boja. Da bi profil boja bio prihvatljiv za skrivanje slike u UV i NIR području, trebao bi imati barem pet dobrih mjerenja unutar jedne kolone, gdje bi razlike u boji morale biti manje od dva ( $\Delta E < 2$ ). Mjerenje se vrši spektrofotometrom SpectroEye X-Rite. Euroscale uncoated v2 daje dobre rezultate samo kod ofsetnog papira, dok na mat kunstdrucku za tu postavku nema zadovoljavajućeg rezultata, jer su izmjerene vrijednosti  $\Delta E$  veće od dva (slika 8.6). Za podudaranje tonova boje tri elementa uzorka kreiranih iz procesnih bojila važno je vizualno podudaranje.



Slika 8.6. Izmjereni  $\Delta E$  za 10 različitih postavki boja, papir mat kunstdruck



Slika 8.7. Izmjereni  $\Delta E$  za 10 različitih postavki boja, papir ofsetni

Cilj je dobiti  $\Delta E < 2$  u oba elementa lijevom i desnom u odnosu na referentnu boju. Mjerenje se vrši u odnosu na referentnu boju koja je na uzorku postavljena kao horizontalni element. Referentna boja  $X_0$  kreirana je od CMY bojila. Kod referentne boje vrijednost crnog bojila je nula. Lijevi element ima maksimalnu vrijednost crne boje, a desni element ima minimalnu vrijednost crne boje.

Tablica 8.6. Rezultati izmjerenih najnižih vrijednosti  $\Delta E$  za svaki profil boje i dvije vrste papira

Oznaka	Naziv postavke boja	Najbolji rezultati $\Delta E^*_{ab}$ . Mjeri se lijevi (L) i desni (D) element u odnosu na referentnu boju					
		Ofsetni papir			Mat kunstdruck papir		
		Boja	L	D	Boja	L	D
X	Digitalni tisak (Xeikon) mat papir	6. Zelena	3,7	7,6	3. Ciklama	4,0	7,2
Eco	Euroscale coated v2, premazni papiri	2. Oker	1,7	3,90	2. Oker	2,4	3,2
J	Japan Color 2001 Coated	5. Plava	5,1	7,7	1. Siva	6,0	8,5
P2	Ploter HP, mat papir	4. Smeđa	2,7	5,8	2. Oker	5,3	10,2
F3	Coated FOGRA27 (ISO 12647-2:2004)	4. Smeđa	2,50	4,42	6. Zelena	0,80	2,4
Ju	Japan Color 2001 Uncoated	3. Ciklama	3,4	5,5	1. Siva	3,88	9,4
Eunc	Euroscale uncoated v2, nepremazni papiri	4. Smeđa	1,25	1,15	1. Siva	2,63	2,81
FO39	Coated FOGRA39 (ISO 12647-2:2004)	2. Oker	1,4	4,15	1. Siva	2,23	4,0
SW	SWOP (Coated), 20%, GCR, Medium	3. Ciklama	1,8	3,6	2. Oker	1,03	1,3
X7	Digitalni tisak (Xeikon) sjajni karton	4. Smeđa	2,6	5,4	3. Ciklama	3,14	4,16

Utvrđeno je da su korištenjem istih tiskovnih formi, istih procesnih ofsetnih bojila, korištenjem istog tiskarskog stroja, u istim uvjetima tiska dobiveni različiti rezultati  $\Delta E^*ab$  kod istih boja tiskanih na različitim papirima. Najbolji rezultati dobiveni su iz profila boja Euroscale uncoated v2, Coated FOGRA39 (ISO 12647-2:2004) i SWOP (Coated), 20%, GCR, Medium (tablica 8.6), no nisu primjenjivi za skrivanje slike u slici.

Prvi zadovoljavajući rezultat za ofsetni papir, gdje oba elementa imaju  $\Delta E < 2$ , je kod profila boje Euroscale uncoated v2 za boju broj 4 Smeđa (tablica 8.6), gdje lijevi element ima izmjerenu vrijednost  $\Delta E = 1,25$  u odnosu na referentnu boju, a desni element ima  $\Delta E = 1,15$ . Smeđa boja broj 4 u profilu Euroscale uncoated v2 ima vrijednost horizontalnog elementa CMY = 50,90,90,0. Lijevi element sadrži CMYK = 23,78,67,27 i desni CMYK = 0,70,52,42.

Drugi prihvatljivi rezultat je na papiru mat kunstdruck, profil Swop, boja broj 2 Oker, gdje je lijevi element ima izmjerenu vrijednost  $\Delta E = 1,03$ , a desni element  $\Delta E = 1,3$ . Mjerenja su utvrđena trima prosječnim mjerenjima sa četiri otiska na mat kunstdruck papiru i četiri otiska na ofsetnom papiru. Boja broj 2 Oker kod profila Swop za horizontalni element ima vrijednosti boja CMY = 50,50,90,0; lijevi element CMYK = 32,34,80,27 i desni element CMYK = 0,10,66,53.

Ovim eksperimentom utvrđeno je da su u osamdeset kombinacija tonova boje (deset profila s osam uzoraka boje) svega dvije kombinacije boja prihvatljive i to svaka u svom profilu boja. U sljedeći eksperiment ulaze fluorescentna ultraljubičasta bojila koja će se otisnuti u istim uvjetima tiska s istim postavkama boja. Utvrđivat će se nastale razlike u odnosu na mjerenja koja su imala najmanje razlike u boji,  $\Delta E$ , u ovom eksperimentu.

#### 8.3.1.2. Pojedinačna miješanja procesnih bojila s nevidljivim fluorescentnim ultraljubičastim bojilima

Ponovljen je tisak uzoraka boje s trima elementima u višebojnom ofsetnom tisku na ofsetnom papiru koji je dao bolje rezultate u prethodno opisanom testu. Iako se tiska procesnim bojilima, napravljena su specijalna miješanja svakog pojedinog konvencionalnog bojila s 30%

odgovarajućeg nevidljivog fluorescentnog bojila, prema specifikacijama opisanim u tablici 8.7..

*Tablica 8.7. Receptura miješanja procesnih bojila s UV fluorescentnim bojilima*

Red. br.	Receptura zamiješanih bojila	
	Procesna bojila	Nevidljiva fluorescentna ultraljubičasta bojila
1	70% Cijan	30% UV invisible fluo blue offset 10030 (ultraljubičaste nevidljive fluorescentne plave)
2	70% Magenta	30% UV invisible fluo red 10050 (ultraljubičaste nevidljive fluorescentne crvene)
3	70% Žuta	30% UV invisible fluo strong yellow ofset 10011 (ultraljubičaste nevidljive fluorescentne žute)
4	70% Crne	30% UV invisible fluo blue offset 10030 (ultraljubičaste nevidljive fluorescentne plave)

Svako od navedenih zamiješanih bojila pojedinačno je sudjelovalo u procesu višebojnog tiska kao procesno bojilo (tablica 8.8).

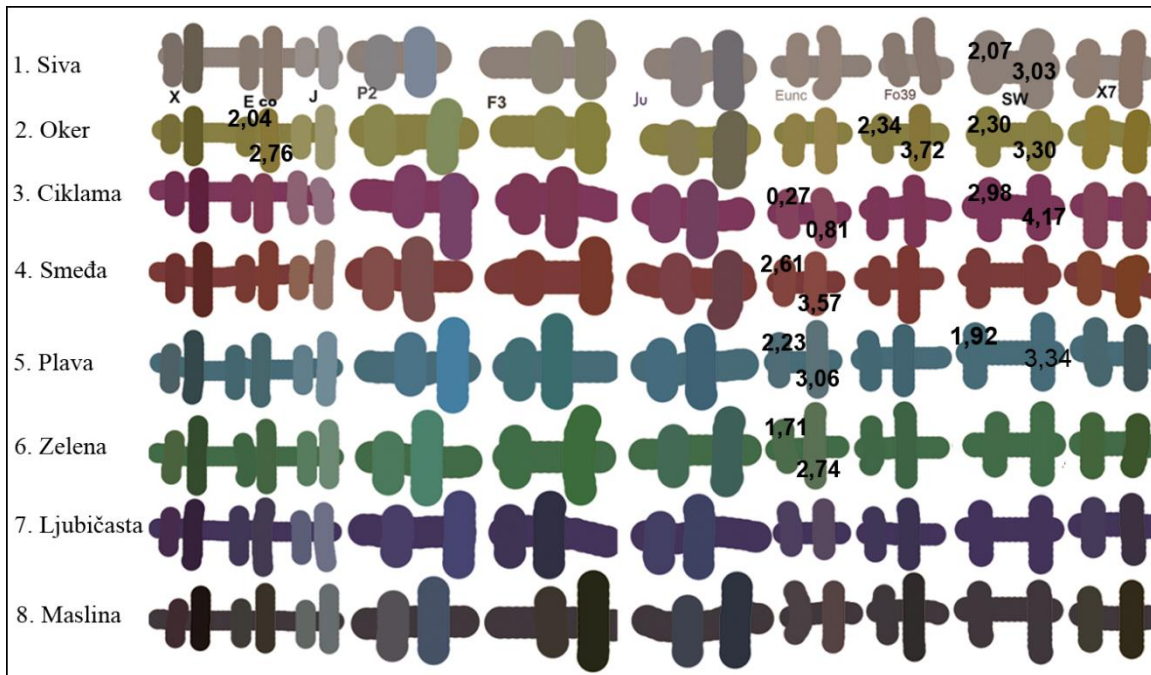
*Tablica 8.8. Četiri recepture miješanja pojedinog ofsetnog procesnog bojila s nevidljivim UV fluorescentnim bojilom u četiri tiskarska procesa*

Red. br.	Naziv	Broj bojila	Bojila u tisku
1	Tisak 1	4	C (70% C +30%UVB) + M + Y + K
2	Tisak 2	4	C + M (70% M + 30%UVR) + Y + K
3	Tisak 3	4	C + M + Y (70% Y + 30%UVY) + K
4	Tisak 4	4	C + M + Y + K (70%K + 30% UVB)

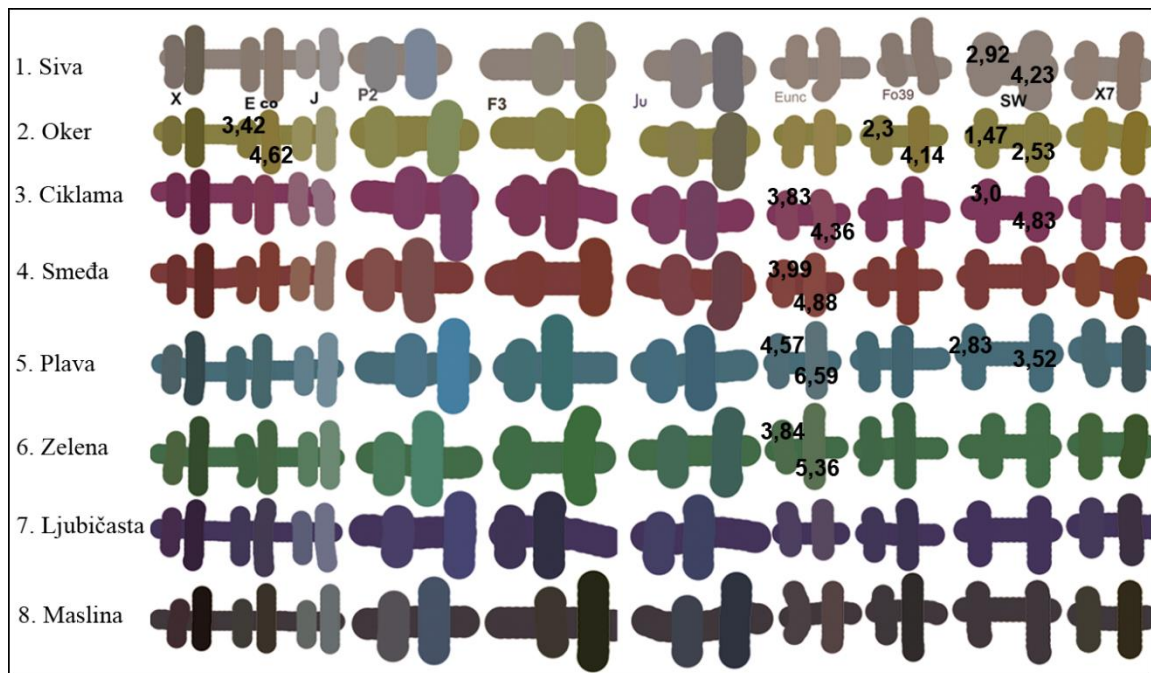
Rezultati koji su dobiveni uspoređuju se i vizualno i mjerenjem sa prethodno otisnutim arcima (slika 8.7) koji su otisnuti sa CMYK procesnim bojilima na ofsetnom papiru.

Zbog preciznije usporedbe rezultata kod mjerenja su uzeti u obzir samo uzorci boje kod kojih je u prethodnom eksperimentu utvrđen najniži  $\Delta E$ .

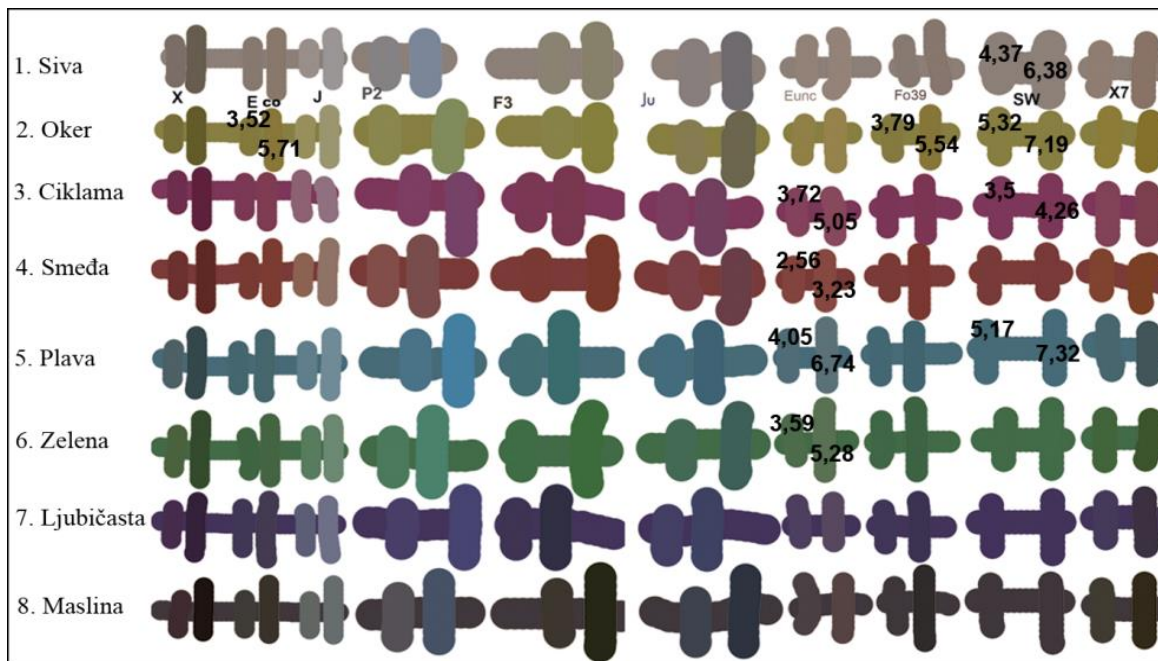




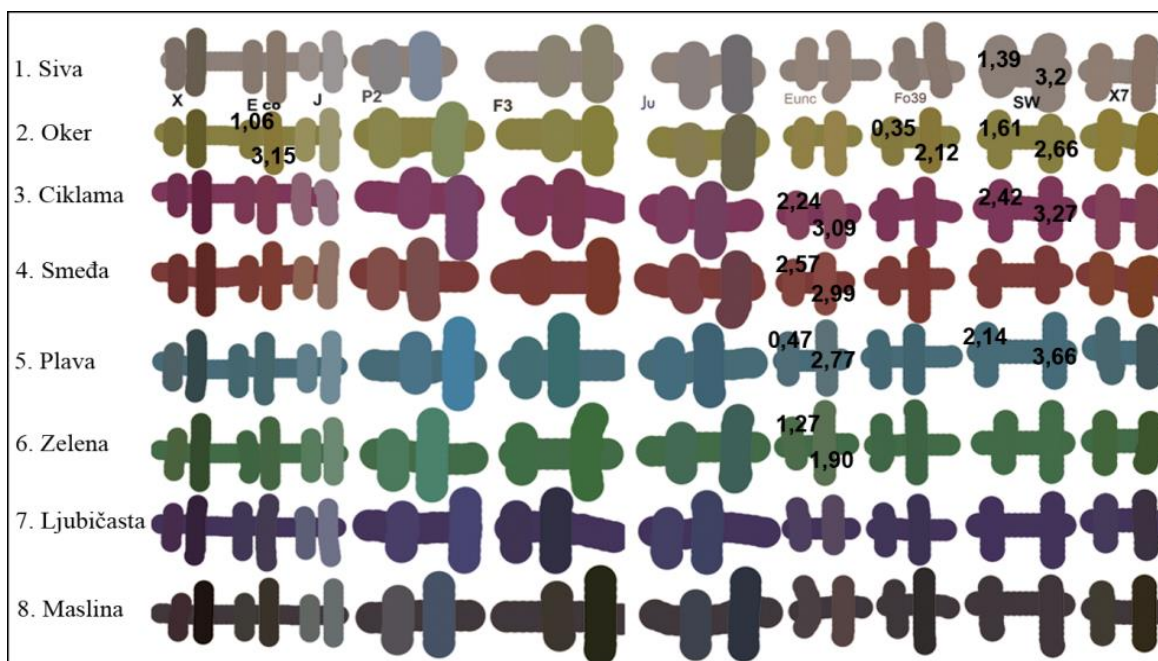
Slika 8.8.  $\Delta E$  za Tisak 1 (70% CIJAN + 30% UV nevidljiva fluo plava), ofsetni papir



Slika 8.9.  $\Delta E$  za Tisak 2 (70% MAGENTA + 30% UV nevidljiva fluo crvena), ofsetni papir



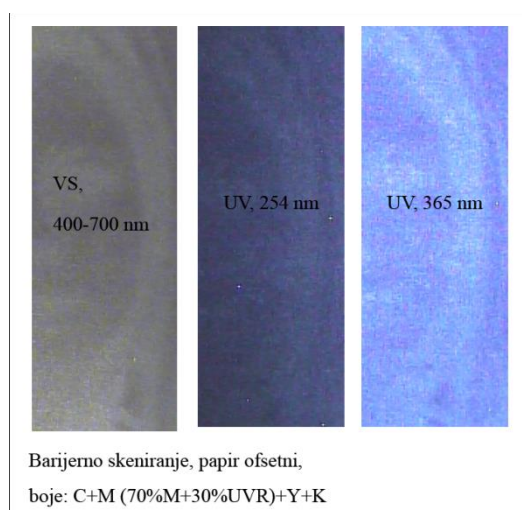
Slika 8.10.  $\Delta E$  za Tisak 3 (70% ŽUTA + 30% UV nevidljiva fluo žuta), ofsetni papir



Slika 8.11.  $\Delta E$  za Tisak 4 (70% BLACK + 30% UV nevidljiva fluo plava), ofsetni papir

Utvrđene su razlike između otisaka (slika 8.8, 8.9, 8.10, 8.11) koje su za skrivanje slike vrlo velike i značajne, dok kod reprodukcije originala mogu biti zadovoljavajuće. Samo je jedno od procesnih bojila tijekom tiska sudjelovalo sa zamiješanim nevidljivim UV fluorescentnim bojilom. To UV nevidljivo bojilo po izgledu je identično transparentnom bojilu s kojim se desaturiraju osnovna bojila ili pantone bojila (tzv. mišvajz). Nevidljivo UV bojilo zamiješano je u odnosu na jedno od procesnih bojila u omjeru 0,3:0,7, te su odnosi između svih procesnih bojila tijekom tiska sljedeći: 1(0,7+0,3):1:1:1. Ako se uzme u obzir da nevidljive UV boje izgledaju kao transparentno bojilo jasno je da s navedenim odnosima i sudjelovanjem ne bi imale znatnog utjecaja u tisku reprodukcija. S ovim eksperimentom je utvrđeno da kod skrivanja slike u slici s procesnim bojilima od kojih je jedno zamiješano s transparentnim UV fluorescentnim bojilom zadana separacija postaje upitna i nestabilna, a time i traženo poklapanje u tonovima boje.

Kod crnog procesnog bojila koje je zamiješano s 30% ultraljubičaste transparentne fluorescentne plave očekivano se pokazalo da ta receptura nema većeg utjecaja na sliku u V spektru, tako da su najmanja odstupanja u odnosu na eksperiment sa čistim K bojilom (slika 8.7 i 8.11). Pojedini rezultati dobiveni mjerenjem istih uzoraka boje s otiska na ofsetnom papiru pokazali su se boljim (Swop, Tisak 1, boja 1 Siva: kod CMYK (slika 8.7),  $\Delta E$  Lijevi=2,16 i  $\Delta E$  Desni=4,64; kod CMYK(+UV) (slika 8.11),  $\Delta EL=1,39$  i  $\Delta ED=3,2$ ).



Slika 8.12. Fluorescencija iz Tiska 2, CM(70%M+30%UV)YK, barijerno skeniran otisak

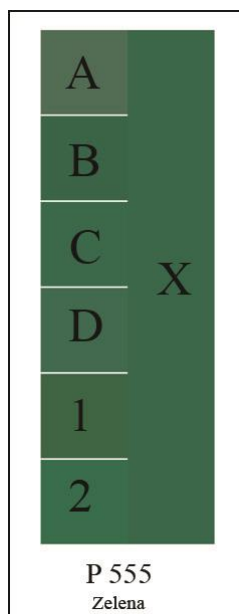
Ovim eksperimentom utvrđeno je da i najmanja promjena jednog od četiriju korištenih procesnih bojila ima veliki utjecaj na rezultate skrivanja, odnosno na vizualno podudaranje dvaju tonova boje. Utvrđeno je da u konvencionalnom ofsetnom tisku nevidljivo fluorescentno bojilo koje sudjeluje pomiješano samo s jednim procesnim bojilom u omjeru: 0,7 procesne + 0,3 UV; ne daje dovoljnu fluorescenciju (slika 8.12). U pokusu sa Zelenim 1 i Zelenim 2 bojilom (poglavlje 8.2.3.) gdje je bio veći udio UV bojila, dokazano je da se miješanjem procesnih bojila CMY sa UV nevidljivim fluorescentnim bojilom postižu izvrsni rezultati fluorescencije. Što je veći udio UV fluorescentnog bojila to će fluorescencija biti intenzivnija.

### 8.3.2. Raspon F bojila, formula za CMYF separaciju

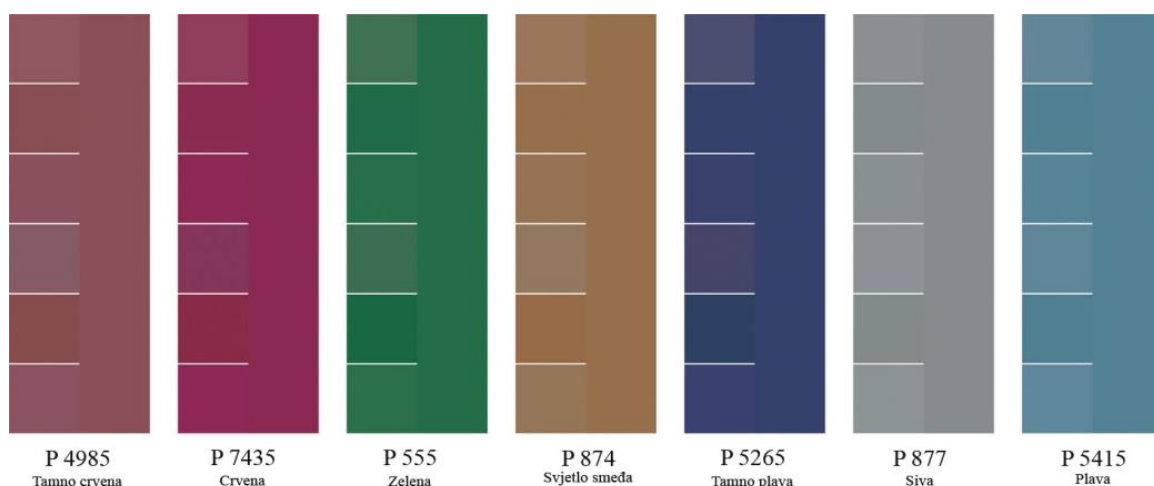
Procesno bojilo K zamijenjeno je bojilom F koje je označeno kao  $F_n$  (indeks „n“ predstavlja fluorescenciju u narančastu). Bojilo  $F_n$  (Black fluo orange offset ink 210406) otisnuto na papiru u vidljivom spektru je tamno sivo-smeđe. Kako bi se u najkraćem vremenu otkrila formula ili receptura prihvatljiva za  $F_n$  bojilo, odnosno za CMY $F_n$  separaciju utvrđuje se raspon  $F_n$  bojila od  $F_n$  minimalno ( $F_n = 0$ ) do  $F_n$  maksimalno. Potrebno je utvrditi CMYKIR metodama separaciju za  $F_n$  bojilo. Da bi se ostvarilo kvalitetno skrivanje slike u dva dijametralno suprotna spektra utvrđuje se raspon F bojila unutar slike kreirane iz procesnih bojila.

Za određivanje raspona F komponente, F boja se tretira sa minimalnim i maksimalnim udjelima u tisku. Minimalni udio F komponente je nula. Kako se smanjuju udjeli CMY boja tako se povećava udio F boje, do F maksimalno. Kako bi se održao isti ton boje koja se kreira iz različitih udjela međuovisnih F i CMY komponenti, potrebno je održavanje istih vrijednosti RGB. Black Generationom definirane su postavke za F i CMY bojila, BG: None, Light, Heavy, Maximum, Medium. U postavci BG Medium, podešavaju se udjeli F bojila za  $F=0$  i F maksimalno. Navedenim rasponima dobivaju se precizne recepture bojila za isti ton boje kreiran iz različitih udjela CMY i F bojila.





Slika 8.13. Oznake polja na boji



Slika 8.14. Sedam odabranih boja za utvrđivanje raspona  $F_n$  bojila

Sedam odabranih boja (slika 8.14): Pantone 4985 (tamno crvena), Pantone 7435 (crvena), Pantone 555 (zelena), Pantone 874 (svjetlo smeđa), Pantone 5265 (tamno plava), Pantone 877 (siva), Pantone 5415 (plava) pripremljeno je prilagođenom postavkom boje u profilu SWOP (Coated), 20%, GCR, Medium. Svaka od ciljanih sedam boja smještena je uzduž desne strane elementa i nosi oznaku X (slika 8.13). S lijeve strane elementa svaka od osnovnih boja izvedena je u šest različitih varijanti receptura F bojila koja su označena s poljima:

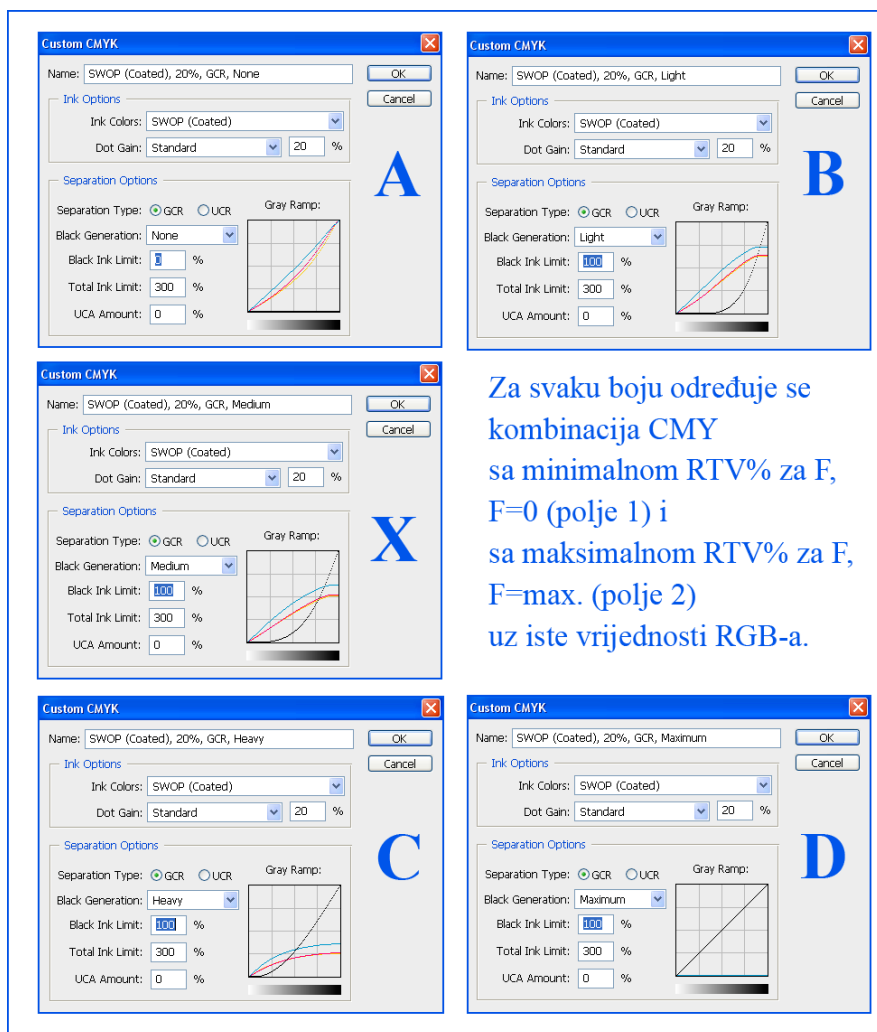
- Polje X (GCR, Black Generation=Medium), ciljane boje
- Polje A (GCR, Black Generation=None),  $F_n=0\%$

- Polje B (GCR, Black Generation=Light),  $F_n < 27\%$
- Polje C (GCR, Black Generation=Heavy),  $F_n < 50\%$
- Polje D (GCR, Black Generation=Maximum),  $F_n > 50\%$
- Polje 1 (GCR, Black Generation=Medium), zadano  $F_n = 0$
- Polje 2 (GCR, Black Generation=Medium), zadano  $F_n$  maksimalno.

Iste recepture ponovljene su sa K bojilom:

- Polje X (GCR, Black Generation=Medium), ciljane boje
- Polje A (GCR, Black Generation=None),  $K = 0\%$
- Polje B (GCR, Black Generation=Light),  $K < 27\%$
- Polje C (GCR, Black Generation=Heavy),  $K < 50\%$
- Polje D (GCR, Black Generation=Maximum),  $K > 50\%$
- Polje 1 (GCR, Black Generation=Medium), zadano  $K = 0$
- Polje 2 (GCR, Black Generation=Medium), zadano  $K$  maksimalno.

Radi se tisak CMYF i CMYK zbog usporedbe sedam odabranih boja otisnutih na dvije vrste tiskovne podloge: zaštićeni papir Sihl i mat kunstdruck.



Slika 8.15. Recepture za F bojilo, *izvor: Adobe Photoshop*

Kod odabranog profila „None“ vrijednost  $F_n$  boje jednaka je nuli, kao i kod odabranog profila „Medium“ s minimalnim  $F_n$  gdje su izmijenjene vrijednosti  $CMYF_n$  boja do  $F_n=0$  respektirajući RGB, HSB i Lab postavke. Isto je kod utvrđivanja maksimalne vrijednosti F boje u profilu „Medium“, za razliku od odabranih profila „Heavy“ i „Maksimum“ koji automatizmom povećavaju vrijednost crne boje, odnosno nanos  $F_n$  bojila. Kod maksimalne vrijednosti  $F_n$  boje u profilu „Medium“ utvrđen je maksimalni nanos  $F_n$  bojila, odnosno maksimalna vrijednost  $F_n$  boje održavanjem jednakih vrijednosti RGB, HSB i Lab. Odabrani profil boje Swop u tisku na dvije različite tiskovne podloge pokazao se izvrsnim izborom za tisak. Referentne boje su odabrane Pantone boje koje su translirane u procesne. Udio  $F_n$  boje kod svih sedam ciljanih Pantone boja je od 15% do 34%. Kako bi se ostvarilo skrivanje slike vrijednost  $F_n$  boje mora biti maksimalna ( $F_n=40\%$ ) i minimalna ( $F_n=0$ ).

Sedam odabranih boja tiskano je u višebojnom ofsetu na dvije različite tiskovne podloge: mat kunstdruck 90g/m<sup>2</sup> i zaštićenom papiru Sihl 95 g/m<sup>2</sup>. Sa svih otisaka izmjerene su razlike u boji između ciljane osnovne boje X (referentna boja) i izvedenica te boje u poljima: A, B, C, D, 1 i 2 (tablica 8.9). Kod svih otisaka mjerene su tri prosječne vrijednosti sa tri otiska (3x3=9 mjerenja), kako bi se dobila prosječna vrijednost razlike u bojama.

Photoshop može dati više ili manje K bojila. Kako se K bojilo zamjenjuje sa F bojilom, traži se u što manje koraka formula za F bojilo. Nitko do sada nije odredio tehnologiju skrivanja slike za F bojilo.

*Tablica 8.9. Izmjerene prosječne vrijednosti  $\Delta E$  sa otisaka na mat kunstdruck i zaštićenom papiru Sihl, usporedba CMYF<sub>n</sub> (F<sub>n</sub> fluorescira u narančastu) i CMYK*

Prosjek izmjerenih $\Delta E$ na različitim papirima sa CMYK i CMYF <sub>n</sub> bojilima (profil Swop)		Non	Light	Heavy	Maksimum	Medium (Min F)	Medium (Max F)	Medium
		A	B	C	D	1	2	X
Pan. 4985 Tamno crvena	Sihl, CMYK; prosj. $\Delta E$	2,94	<b>1,33</b>	<b>1,37</b>	5,59	2,66	2,05	P 4985 RGB: 119,78,84 Lab: 40,25,7
	Sihl, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	5,06	2,73	<b>1,64</b>	5,79	3,58	3,28	
	MK, CMYK; prosj. $\Delta E$	3,28	2,25	2,79	10,11	3,61	5,28	
	MK, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	2,62	<b>1,57</b>	<b>0,84</b>	5,87	4,01	<b>1,99</b>	
	CMYK	52,73,55,0	43,72,53,21	17,61,31,45	0,46,14,58	56,79,65,0	0,56,18,54	X = 30,67,42,34
Pan. 7435 Crvena	Sihl, CMYK; prosj. $\Delta E$	4,68	<b>1,03</b>	<b>1,35</b>	4,87	6,19	2,34	P 7435 RGB: 115,41,78 Lab: 32,44,-1
	Sihl, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	6,33	<b>1,79</b>	3,30	2,56	6,32	5,28	
	MK, CMYK; prosj. $\Delta E$	6,27	<b>1,99</b>	<b>0,92</b>	10,77	7,05	4,42	
	MK, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	4,37	<b>1,02</b>	<b>1,12</b>	6,01	5,98	<b>1,87</b>	
	CMYK	52,87,50,0	36,90,38,26	19,87,21,40	2,74,3,56	55,96,62,0	0,84,1,51	X = 30,89,32,32
Pant. 555 Zelena	Sihl, CMYK; prosj. $\Delta E$	5,93	<b>1,10</b>	<b>0,73</b>	3,33	2,08	<b>1,13</b>	P 555 RGB: 67,106,76 Lab: 40,-30,12
	Sihl, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	7,17	<b>1,10</b>	<b>1,86</b>	3,68	4,49	3,55	
	MK, CMYK; prosj. $\Delta E$	9,74	<b>0,90</b>	<b>1,54</b>	6,31	<b>1,75</b>	<b>1,76</b>	
	MK, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	7,53	<b>1,04</b>	2,25	7,27	4,38	<b>0,61</b>	
	CMYK	81,48,74,0	82,30,76,27	75,14,69,40	61,0,56,54	90,51,86,0	70,0,66,49	X = 79,24,73,32

Prosjek izmjerenih $\Delta E$ na različitim papirima sa CMYK i CMYF <sub>n</sub> bojilima (profil Swop)		Non	Light	Heavy	Maksimum	Medium (Min F)	Medium (Max F)	Medium
		A	B	C	D	1	2	X
Pant. 874 Svjetlo smeda	Sihl, CMYK; prosj. $\Delta E$	4,25	<b>0,56</b>	2,83	4,70	<b>1,31</b>	3,19	P 874 RGB: 133,109,80 Lab: 49,10,23
	Sihl, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	7,03	2,68	3,00	4,31	3,52	3,88	
	MK, CMYK; prosj. $\Delta E$	7,14	<b>0,93</b>	4,79	8,76	2,47	5,68	
	MK, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	5,59	<b>0,55</b>	3,50	5,97	2,96	3,02	
	CMYK	47,57,66,0	42,55,71,13	16,39,55,41	1,28,41,52	49, 62,77,0	0,31,47,51	X = 32,49,65,26
Pant. 5265 Tamno plava	Sihl, CMYK; prosj. $\Delta E$	4,64	<b>0,65</b>	<b>1,44</b>	3,83	3,73	<b>1,99</b>	P 5265 RGB: 64,61,100 Lab: 27,11,-25
	Sihl, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	2,70	<b>1,41</b>	2,31	4,67	3,51	<b>1,79</b>	
	MK, CMYK; prosj. $\Delta E$	7,59	<b>1,69</b>	2,41	6,60	4,18	3,41	
	MK, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	4,54	<b>1,40</b>	2,68	8,26	4,00	<b>2,00</b>	
	CMYK	82,75,40,0	83,72,23,27	76,66,10,39	59,51,1,57	92,83,46,0	71,60,0,47	X = 81,70,19,31
Pant. 877 Siva	Sihl, CMYK; prosj. $\Delta E$	2,27	<b>1,52</b>	<b>0,77</b>	<b>1,39</b>	2,15	2,04	P 877 RGB: 132,135,137 Lab: 56,-1,-2
	Sihl, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	2,87	2,54	4,12	5,39	2,87	5,54	
	MK, CMYK; prosj. $\Delta E$	2,64	<b>1,23</b>	<b>1,13</b>	3,03	<b>1,71</b>	2,61	
	MK, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	2,11	<b>1,46</b>	2,87	7,03	3,38	6,13	
	CMYK	53,41,37,0	54,40,38,5	33,20,20,34	8,2,2,53	57,42,41,0	11,0,4,52	X = 48,35,33,15
Pant. 5415 Plava	Sihl, CMYK; prosj. $\Delta E$	4,32	<b>1,77</b>	<b>1,39</b>	2,57	<b>1,62</b>	2,17	P 5415 RGB: 102,125,144 Lab: 51,-9,-15
	Sihl, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	3,52	2,10	3,72	3,79	3,67	3,43	
	MK, CMYK; prosj. $\Delta E$	4,61	2,14	<b>1,61</b>	3,38	2,32	2,80	
	MK, CMYF <sub>n</sub> ; prosj. $\Delta E$	4,30	<b>1,84</b>	3,28	6,59	2,89	5,73	
	CMYK	68,41,32,0	71,39,31,7	56,15,13,36	44,2,2,48	74,43,35,0	44,1,0,48	X = 66,31,25,18

Kratice iz tablice 8.9.: „Sihl“ – zaštićeni papir Sihl; „MK“ – mat kunstdruck papir

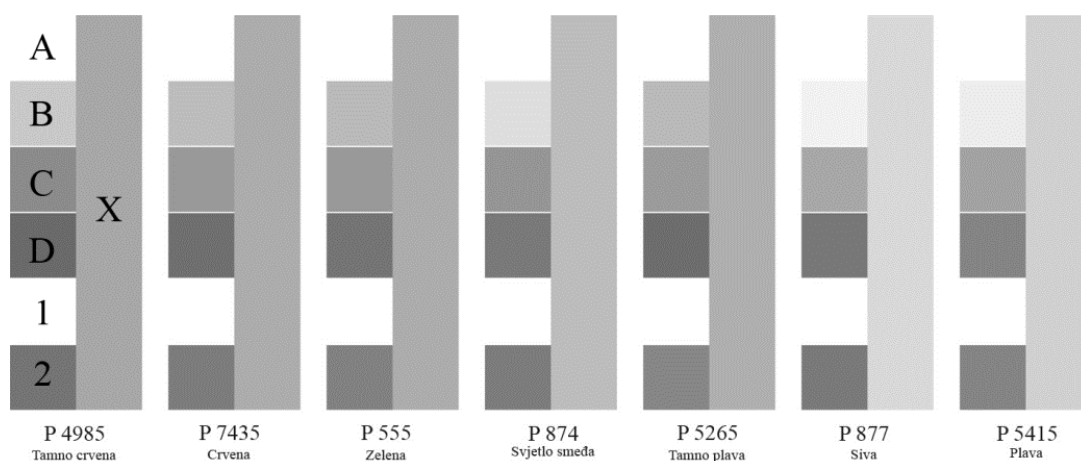
Sa otisaka na mat kunstdruck papiru i zaštićenom Sihl papiru mjere se spektrofotometrom SpectroEye X-Rite, vrijednosti  $\Delta E$  referentne boje (polje X) u odnosu na izvedenice ciljanog tona boje (polja: A, B, C, D, 1, 2).

Utvrđeno je da su za CMYF<sub>n</sub> za obje vrste papira i za sedam odabranih boja najbolji rezultati postignuti na polju B (Light), gdje od ukupno 28 čak 22 polja imaju  $\Delta E < 2$  (tablica 8.9). Od toga je na otiscima s CMYK bojilima 12 dobrih rezultata, a kod CMYF<sub>n</sub> bojila ima 10 dobrih

rezultata. Na zaštićenom papiru Sihl u polju B na otisku s CMYF<sub>n</sub> bojilima očitana su samo 3 dobra rezultata, gdje je utvrđen  $\Delta E < 2$ , dok je na otiscima s CMYK bojilima na zaštićenom papiru Sihl izmjereno 7 zadovoljavajućih rezultata.

Sljedeći dobri rezultati su na polju C (Heavy) gdje je ukupno 14 dobrih poklapanja sa referentnom bojom (X). Od toga je 10 dobrih rezultata za CMYK i 4 dobra za CMYF<sub>n</sub>. Na polju 2 je 8 dobrih rezultata od čega su 3 dobra za CMYK i 5 dobrih za CMYF<sub>n</sub>. Na otiscima sa CMYF<sub>n</sub> bojilima na zaštićenom papiru Sihl u polju C izmjerena su svega 2 zadovoljavajuća rezultata, dok na otiscima sa CMYK bojilima ima 6 dobrih rezultata.

Polje A gdje je F=0 nema ni jedan zadovoljavajući rezultat jer su utvrđene razlike u boji veće od dva,  $\Delta E > 2$ . Polje 1, gdje je F=0, ima samo 4 zadovoljavajuća rezultata gdje je utvrđen  $\Delta E < 2$ . Od toga se ni jedan zadovoljavajući rezultat ne odnosi na otiske CMYF<sub>n</sub> bojila na zaštićenom papiru Sihl.



Slika 8.16. Kanal F<sub>n</sub> i K boje

Ovakvom postavkom recepture za raspon F bojila za tisak odabranih sedam boja na mat kunstdruck papiru i zaštićenom papiru Sihl, potvrđuje se da K bojilo ima znatno veći broj izmjerenih razlika u boji koje su manje od dva ( $\Delta E < 2$ ), u odnosu na F bojilo. Kod K procesnog karbon crnog bojila utvrđeno je spektrofotometrom SpectroEye X-Rite gotovo trostruko više poklapanja u tonovima boje na zaštićenom papiru Sihl, nego kod F bojila.

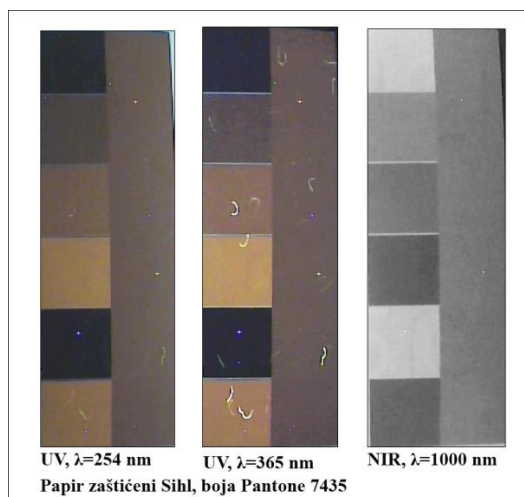
### 8.3.3. Barijerno skeniranje otisaka

Skeniraju se otisci otisnuti s CMYF<sub>n</sub> bojilima na mat kunstdruck papiru i na zaštićenom Sihl papiru. Svi otisci imaju značajne udjele F<sub>n</sub> boje (RTV od 0% do 60%), tj. značajne nanose F<sub>n</sub> bojila. Otisci se skeniraju sa uređajem Projectina Docubox forenzic system PIA 6000 u UV području s valnim duljinama od 254 nm i 365 nm i u NIR području s valnom duljinom od 1000 nm. Valne duljine od 254 i 365 nm uobičajene su za forenzičke UV lampe koje se koriste pri otkrivanju krivotvorina.

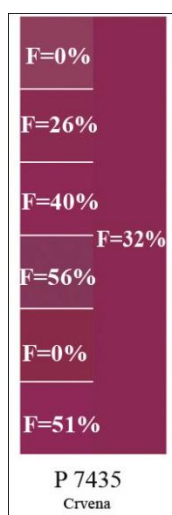
Barijernim skeniranjem utvrđene su razlike u fluorescenciji otisnutih uzoraka između Sihl i mat kunstdruck papira (slike 8.17, 8.19, 8.20 i 8.22). Prikazani su otisci s uzorkom od tri izabrane boje: Pantone 7435 Crvena, Pantone 874 Svjetlo smeđa i Pantone 5415 Plava (slike 8.23 i 8.24). Razlike Z faktora na otiscima boja postoje zbog različitih vrijednosti F<sub>n</sub> boje na poljima: A,B,C,D,1,2,X. Kod crvene boje Pantone 7435, polje B sadrži 26% F boje (slika 8.18), dok kod svjetlo smeđe boje Pantone 874, polje B sadrži svega 13% F<sub>n</sub> boje (slike 8.21). Kako Z faktor uvjetuje jačina IR komponente iz F bojila, tako će s povećanjem nanosa bojila rasti i vrijednost Z faktora.

Kod papira mat kunstdrucka manji je nanos F<sub>n</sub> bojila jer je i papir manje upojan, te je Z faktor niži. Ovim eksperimentom utvrđene su razlike u fluorescenciji narančaste na zaštićenom Sihl papiru u odnosu na mat kunstdruck. Kod svih otisaka na mat kunstdruck papiru izloženim valnoj duljini od 365 nm utvrđeno je da F<sub>n</sub> bojilo ne fluorescira u narančastu boju, već u ljubičastu. Otisci na zaštićenom papiru Sihl očekivano fluoresciraju u narančastu pri valnim duljinama od 254 i 365 nm. Utvrđeno je da otisci na zaštićenom papiru imaju intenzivniju fluorescenciju pri valnoj duljini od 365 nm.

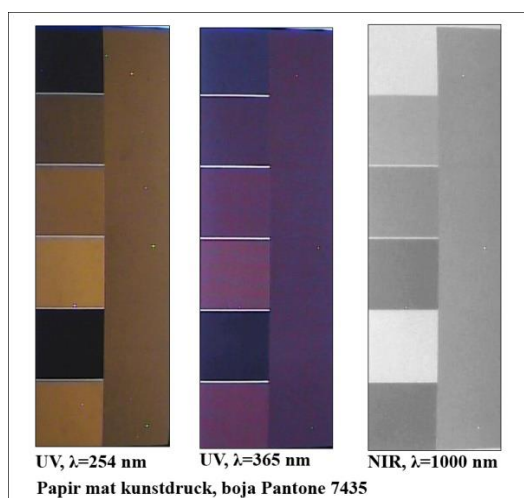
Svi papiri koji se koriste u zaštiti dokumenata i vrijednosnica u Republici Hrvatskoj su nepremazni, upojni i preuzimaju na sebe više pigmenata iz bojila koji su nositelji fluorescencije. Proizvođači zaštićenog papira kemijski sastav drže u tajnosti.



Slika 8.17. Barijerno skeniranje otisaka crvene boje Pantone 7435, papir zaštićeni Sihl

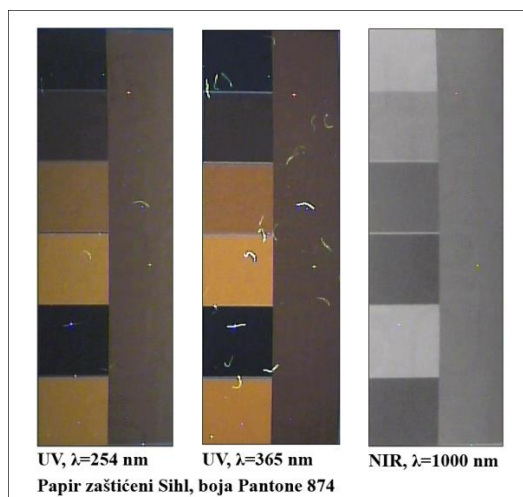


Slika 8.18. Raspon F bojila crvene boje Pantone 7435

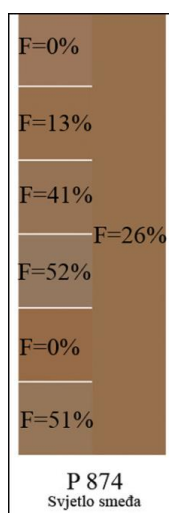


Slika 8.19. Barijerno skeniranje otisaka crvene boje Pantone 7435, papir mat kunsdruck

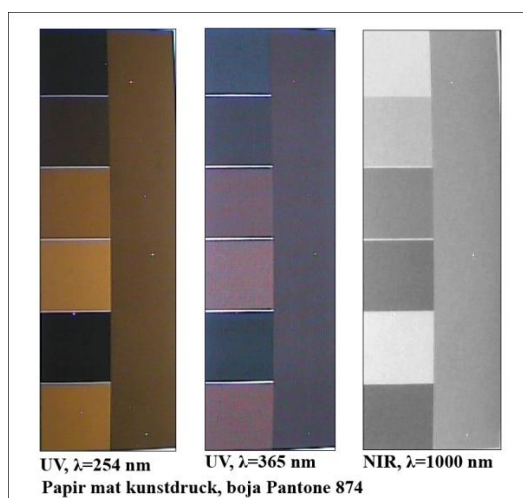




Slika 8.20. Barijerno skeniranje otisaka svjetlo smeđe boje Pantone 874, papir zaštićeni Sihl



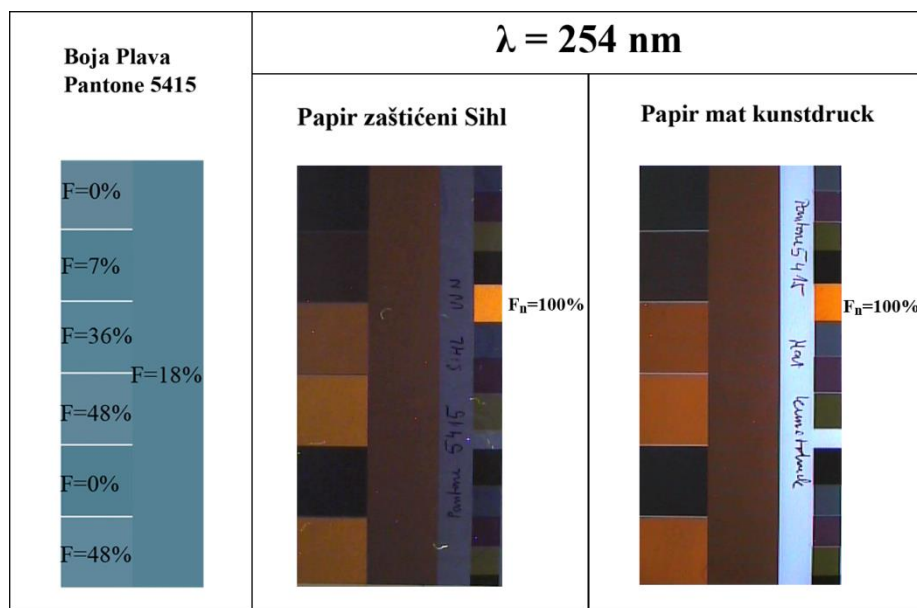
Slika 8.21. Raspon F bojila svjetlo smeđe boje Pantone 874



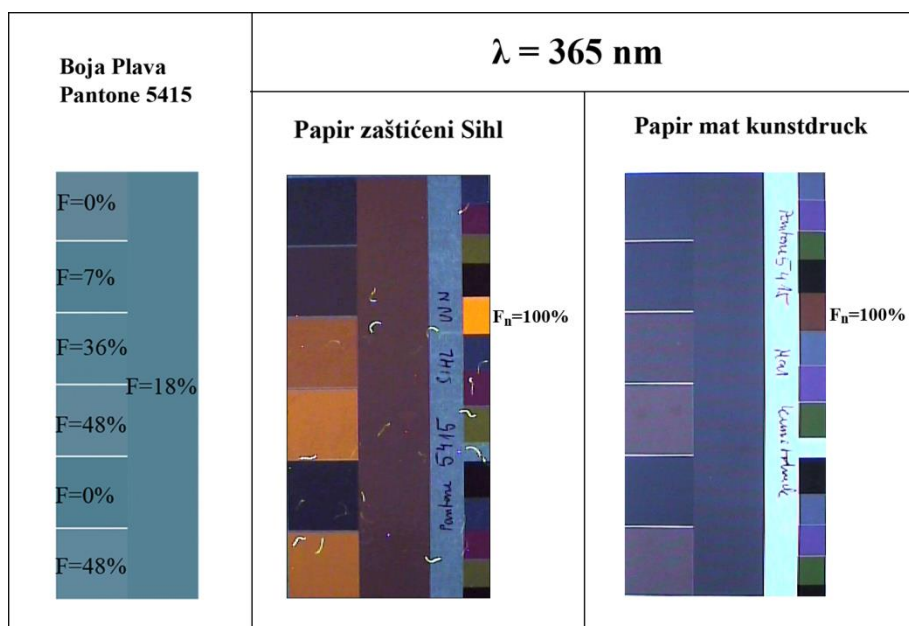
Slika 8.22. Barijerno skeniranje otisaka svjetlo smeđe boje Pantone 874, papir mat kunsdruck

Kod otisaka na papiru mat kunstdruck velike su razlike između istih otisaka i istih tonova boja skeniranih u dva UV područja (slike 8.19, 8.22 i 8.23). Dokaz tome su i izmjerene CIELab vrijednosti boje Pantone 5415 (tablica 8.10). Otisci s mat kunstdruck papira pod valnom duljinom od 254 nm imaju vidljivu fluorescentno narančastu komponentu. Isti otisci skenirani valnom duljinom od 365 nm u potpunosti gube fluorescenciju. Svi otisci CMYF<sub>n</sub> bojila na mat kunstdruck papiru skenirani valnom duljinom od 365 nm poprimaju ljubičasti odraz svih polja. Otisak F bojila na mat kunstdruck papiru fluorescira u narančastu u području od 254 nm, dok u području skeniranja od 365 nm nema očekivane fluorescencije.

Kod crvene boje Pantone 7435 (slika 8.18) koja ima visoki udio magente (X=30,89,32,32), sva polja su izrazito ljubičasta (slika 8.19). Kod svjetlo smeđe boje Pantone 874 (X=32,49,65,26) polja imaju manji udio magente (slika 8.21) i izložena valnoj duljini od 365 nm imaju slabiji ton ljubičaste (slika 8.22).



Slika 8.23. Barijerno skeniranje otisaka plave boje Pantone 541 na zaštićenom papiru Sihl i mat kunstdruck papiru, s valnom duljinom od 254 nm



Slika 8.24. Barijerno skeniranje otiska plave boje Pantone 541 na zaštićenom papiru Sihl i mat kunstdruck papiru, s valnom duljinom od 365 nm

Na plavoj boji Pantone 5415 (slike 8.23 i 8.24) postoje manje razlike između otiska na mat kunstdruck papiru izloženog valnoj duljini od 254 nm i otiska na zaštićenom Sihl papiru izloženog valnoj duljini od 365 nm (tablica 8.10). Na tim otiscima uočljivija je fluorescencija  $F_n$  bojila u narančastu. Vrijednosti boja u tablici 8.10. očitane su s barijerno skeniranih otisaka s valnim duljinama od 254 i 365 nm. Zapisi skeniranja očitani su u programu Adobe Photoshop s profilom boje Swop (Coated), 20%, GCR, Medium.

Tablica 8.10. Utjecaj tiskovne podloge na fluorescenciju, vrijednost tonova boje barijerno skeniranih otisaka na mat kunstdruck papiru i zaštićenom papiru Sihl, profil boje Swop

Pantone 5415 Plava	$\lambda=254$ nm		$\lambda=365$ nm	
	Papir zaštićeni Sihl	Papir mat kunstdruck	Papir zaštićeni Sihl	Papir mat kunstdruck
	CIELab	CIELab	CIELab	CIELab
A	10	16	17	38
	-2	-2	1	3
	-1	-1	-8	-30
B	13	17	19	35
	1	6	1	4
	-1	3	0	-29
C	26	33	36	42
	7	25	12	5
	19	28	29	-18
D	32	41	45	43
	9	30	18	7
	30	39	35	-18
1	9	13	13	30
	1	-1	1	6
	-2	-3	-8	-26
2	28	38	38	38
	10	24	16	8
	22	37	31	-23
X	20	26	23	37
	2	10	6	12
	10	14	6	-31

Za skrivanje slike u UV i NIR području jedan ton boje mora imati minimalnu vrijednost  $F_n$  bojila,  $F_n=0$ , a drugi ton boje mora imati visoki udio  $F_n$  bojila. Polja sa visokim udjelom  $F_n$  bojila su: C (Black Generation: Heavy), D (Black Generation: Maksimum) i polje 2 (Black Generation: Medium, sa podešenim maksimalnim vrijednostima za  $F_n$ ). Slika kreirana iz takvog sastava bojila skriva se u slici koja nema faktor Z i F. Takva polja, koja ne sadrže  $F_n$  bojilo ( $F_n=0$ ) jesu: polje A (Non) i polje 1 (Medium, min  $F_n$ ).

Za skrivanje slike u V spektru potrebna su podudaranja u poljima boje gdje je komponenta F minimalna,  $F=0$  sa poljima gdje je F komponenta maksimalna. Takva polja su:

- A i C; A i D; A i 2, gdje je u polju A vrijednost  $F_n = 0$ ;
- 1 i C; 1 i D; 1 i 2, gdje je u polju 1 vrijednost  $F_n = 0$ .

U polju C vrijednost  $F_n$  boje je od 34% do 45%, u polju D vrijednost  $F_n$  boje je od 48% do 58% i polju 2 vrijednost boje  $F_n$  je od 47% do 54%. Takva podudaranja između polja sa maksimalnim nanosom F bojila i polja gdje je  $F=0$ , utvrđena su samo kod jedne boje i to na zaštićenom papiru Sihl. Mjerenje razlike u boji izvršeno je sa spektrofotometrom SpectroEye X-Rite (tri prosječna mjerenja s tri otiska), a rezultati su prikazani u tablici 8.11.

Tablica 8.11.  $\Delta E$  vrijednosti tonova boje koji se podudaraju, potrebnih za skrivanje slike

Boja	$\Delta E$	Polja koja se podudaraju (papir Sihl)	
Pantone 555 zelena	0,95	1	C
		CMYF <sub>n</sub> 90,50,86,0	CMYF <sub>n</sub> 75,14,69,40
Pantone 555 zelena	1,56	1	2
		CMYF <sub>n</sub> 90,50,86,0	CMYF <sub>n</sub> 70,0,66,49

U prethodnom poglavlju 8.3.2. (koje opisuje isti eksperiment) utvrđeno je da su otisci s K bojilom, u odnosu na  $F_n$  bojilo, na zaštićenom papiru Sihl imali tri puta više zadovoljavajućih rezultata gdje je utvrđen  $\Delta E < 2$ . Ovim eksperimentom utvrđeno je da ne postoji odgovarajući profil boje iz aplikacije Adobe Photoshop, koji bi odgovarao  $F_n$  bojilu i skrivanju slike.

Zato je receptura, odnosno matematička metoda pri separaciji iz RGB-a u CMYF<sub>n</sub> i receptura zamijene  $F_n$  bojila za CMY utvrđena eksperimentalnim metodama. Tako će se matematičkim modelima precizno za svaku vrstu bojila odrediti relacije zbrajanja. Do sada se nisu radile tehnologije skrivanja slike s CMYF separacijom, pa stoga ni ne postoji formula u postavkama boje (Color Settingu).

Svi dosadašnji eksperimenti s F bojilom i s ostalim sigurnosnim nevidljivim ultraljubičastim fluorescentnim bojilima s kojima je kreiran cijeli niz boja i tonova nisu dali dobar rezultat iz ponuđenih postavka boja (Color Settinga) s kojim bi se radila separacija. Kako su sve digitalne forme bazirane na programskom jeziku Post Script-u, upravo pomoću PS-a definiraju se realne formule za CMYF separaciju. Osnovna teorija PS-a je:  $C+R=1$ ;  $M+G=1$ ;  $Y+B=1$ . Ako je cijan 0,1, onda je crvena 0,9; ako je magenta 0,5 onda je zelena 0,5; ako je

žuta 0,7 onda je plava 0,3. To je klasična teorija na kojoj počiva digitalni Post Script sustav. Procesna bojila: cijan, magenta i žuta, stavljaju se u odnos s bojilom F. Skrivanje elemenata postiže se CMYF separacijom koja se bazira na kontinuiranom prostoru zamjene CMY i F. Radi se kontrolirana separacija boja u ultraljubičastom, vidljivom i bliskom infracrvenom spektru. CMYF separacijom provodi se skrivanje grafike u vidljivom spektru i otkrivanje u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom spektru. Tri spektralna područja određuju novi način steganografije. Svaka postavka CMYF bojila u odnosu na papir na kojem se tiska daje vlastite recepture za procesna bojila cijan, magentu i žutu, uz zadane vrijednosti F bojila. Za dobivanje prave recepture i postavke vrijednosti boja za ofsetni tisak izvršen je niz eksperimenata s mjerenjima i istraživanjima koja su u radu opisana. Kao rezultat dvije slike spajaju se u jednu koja će se na otisku vidjeti golim okom, dok će se skrivena slika otkriti izvan vidljivog spektra barijernim skeniranjem. Kako bi se postigla opisana steganografija bilo je potrebno osmisliti separaciju za odgovarajuće zaštitno vidljivo UV fluorescentno ofsetno bojilo koje ima takva svojstva da ima odziv u UV, V i NIR spektru. CMYF separacija temelji se na teoriji CMYKIR separacije. Nastala je kao novost uz CMYKIR separaciju i doprinosi proširenju planiranja skrivene slike u zaštitnom tisku za UV, V i NIR područje. CMYF separacija koristi kontinuirani prostor zamjene cijana, magente i žute s F bojom, spajajući dvije slike ili informacije algoritmom računarske grafike.

#### **8.4. F bojilo u CMYF separaciji**

Bojila  $F_n$  i  $F_z$  otisnuta na papiru u vidljivom spektru su tamno sivo-smeđa. Bojilo  $F_n$  izloženo valnoj duljini od 365 nm fluorescira u narančastu, a bojilo  $F_z$  fluorescira u zelenu. Nove fluorescentne boje su drugačije od onih koje vide naše oči. F bojila imaju svojstvo infracrvene apsorpcije. Otisak punog tona F bojila ( $F=100\%$ ) na zaštićenom papiru Mould i Sihl izložen valnoj duljini od 1000 nm ima utvrđenu vrijednost  $Z=87\%$ . Na mat kunstdruck papiru Z faktor je nešto niži i iznosi  $Z=85\%$ . Otisci s  $F_n$  i  $F_z$  bojilom imaju različite vrijednosti CIELab prostora boje u ovisnosti o vrsti papira na kojem se tiska. Za utvrđivanje vrijednosti ofsetnog bojila  $F_n$  i  $F_z$  otisnut je puni ton od 100% na različite tiskovne podloge: zaštićeni papir Sihl 95 g/m<sup>2</sup>, zaštićeni papir Mould 95 g/m<sup>2</sup>, mat kunstdruck 115 g/m<sup>2</sup> i ofsetni papir 100 g/m<sup>2</sup>. Mjernim uređajem spektrofotometrom X-rite SpectroEye očitane su vrijednosti dobivenih otisaka. Bojilo  $F_z$  otisnuto na zaštićenom papiru Mould 95 g/m<sup>2</sup> sa vodenim žigom i UV fluorescentnim nevidljivim vlaknima ima CIELab: 45,0,9, a bojilo  $F_n$  ima CIELab: 43,3,7.

CIELab vrijednosti  $F_n$  i  $F_z$  bojila se mijenjaju prema vrsti tiskovne podloge. Prosječna CIELab vrijednosti utvrđena je mjerenjem deset otisaka, a svaki pojedini otisak imao je tri prosječna mjerenja.

Spektrofotometrom je mjerena razlika u boji  $\Delta E$  sa dobivenih otisaka punog tona F bojila na različitim tiskovnim podlogama: zaštićeni papir Sihl, zaštićeni papir Mould, mat kunstdruck, ofsetni papir. Rezultati su dani u tablici 8.12..

Tablica 8.12. Kolorimetrijske vrijednosti otisnutih bojila  $F_n$  i  $F_z$  na različitim tiskovnim podlogama

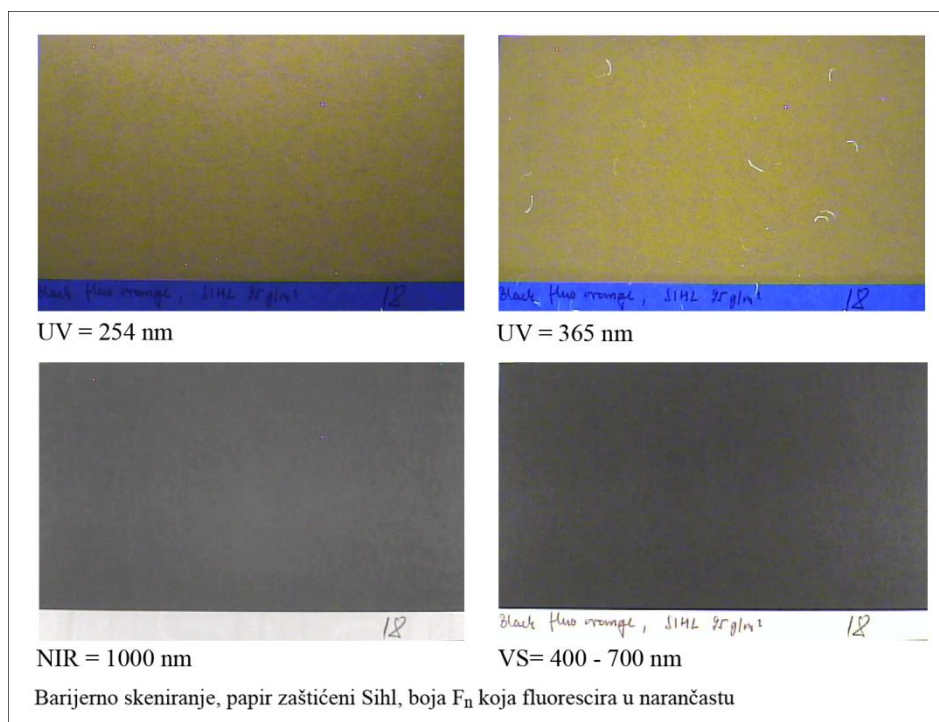
Bojilo	Papir	CIELab			Z original %
		Min.	Max.	Prosječni	
$F_z$ Bojilo $F_z$ crno UV fluorescentno zeleno ofsetno bojilo	Sihl zaštićeni 95 g/m <sup>2</sup>	41,69	43,97	42,92	87
		-0,37	0,1	-0,26	
		7,51	8,59	8,12	
	Mould zaštićeni 95 g/m <sup>2</sup>	42,62	46,05	44,83	87
0,1		0,48	0,30		
$F_n$ Bojilo $F_n$ crno UV fluorescentno narančasto ofsetno bojilo	Mat kunstdruck 115 g/m <sup>2</sup>	8,39	9,84	9,08	85
		36,24	38,21	36,98	
	Ofsetni bijeli 100 g/m <sup>2</sup>	0,39	0,6	0,44	87
		12,24	12,91	12,50	
$F_n$ Bojilo $F_n$ crno UV fluorescentno narančasto ofsetno bojilo	Sihl zaštićeni 95 g/m <sup>2</sup>	36,64	38,96	37,86	87
		-0,48	-0,23	-0,34	
		5,56	6,07	5,82	
	Mould zaštićeni 95 g/m <sup>2</sup>	40,44	41,37	40,89	87
2,48		2,58	2,60		
$F_n$ Bojilo $F_n$ crno UV fluorescentno narančasto ofsetno bojilo	Mat kunstdruck 115 g/m <sup>2</sup>	6,28	6,54	6,51	85
		41,84	43,46	42,93	
	Ofsetni bijeli 100 g/m <sup>2</sup>	3,02	3,09	3,07	87
		6,58	6,83	6,73	
$F_n$ Bojilo $F_n$ crno UV fluorescentno narančasto ofsetno bojilo	Sihl zaštićeni 95 g/m <sup>2</sup>	36,40	37,68	37,15	85
		4,05	4,04	4,05	
		7,69	7,77	7,76	
	Mould zaštićeni 95 g/m <sup>2</sup>	36,74	38,53	37,64	87
2,87		2,84	2,74		
Ofsetni bijeli 100 g/m <sup>2</sup>	4,26	4,61	4,40	87	

Izmjerenim kolorimetrijskim vrijednostima CIELab utvrđeno je da postoje razlike u bojama  $\Delta E$  između otisaka istih bojila F na različitim tiskovnim podlogama. Otisak s  $F_z$  bojilom na papiru Sihl ima prosječne vrijednosti Lab: 43,0,8; dok na Mould papiru ima vrijednosti Lab: 45,0,9. Otisak s  $F_n$  bojilom na papiru Sihl ima prosječnu vrijednost Lab: 41,3,7; dok na papiru Mould ima prosječnu vrijednost Lab: 43,3,7. Utvrđene razlike  $\Delta E$  za  $F_n$  bojilo otisnuto na

zaštićenom papiru Sihl i na zaštićenom papiru Mould, vrlo su male. Jednako je i s  $F_z$  bojom. Očitane prosječne vrijednosti otisaka na Sihl zaštićenom papiru za  $F_z$  bojilo su Lab: 43,0,8, dok su za  $F_n$  bojilo Lab: 41,3,7. Na zaštićenom papiru Mould očitane su prosječne vrijednosti s otisaka za  $F_z$  bojilo Lab: 45,0,9, dok su za  $F_n$  bojilo Lab: 43,3,7. Kako su utvrđene razlike u boji  $\Delta E$  otisaka s bojilima  $F_n$  i  $F_z$  između dva zaštićena papira Sihl i Mould neznatne, kao i utvrđene razlike između bojila  $F_n$  i  $F_z$  otisnutih na zaštićenim papirima; koristiti će se oba zaštićena papira i oba bojila za utvrđivanje recepture za CMYF separaciju.

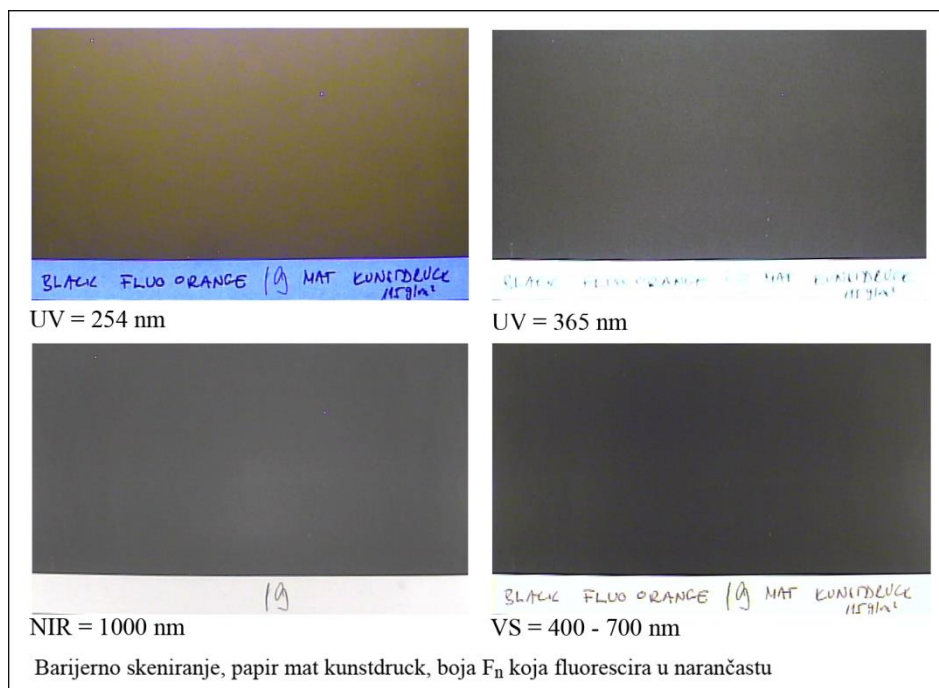
Utvrđeno je da postoje razlike u CIELab vrijednostima F bojila tiskanih na različitim tiskovnim podlogama: mat kunstdrucku, ofsetnom papiru i zaštićenim papirima.  $F_z$  bojilo na papiru mat kunstdruck ima izmjerenu prosječnu vrijednost Lab: 37,0,13, dok na zaštićenom papiru Sihl ima Lab: 43,0,8 i na ofsetnom papiru Lab: 38,0,6.

Otisci  $F_n$  bojila na mat kunstdrucku, ofsetnom papiru i zaštićenom papiru Sihl, skenirani su uređajem Projectina Docubox forenzičkim sistemom PIA 6000 u UV području valnim duljinama od 254 i 365 nm i u NIR području valnom duljinom od 1000 nm. Barijerno skenirani otisci prikazani su na slikama 8.25, 8.26. i 8.27. i otkrivaju značajne razlike u ponašanju F bojila na različitim tiskovnim podlogama.

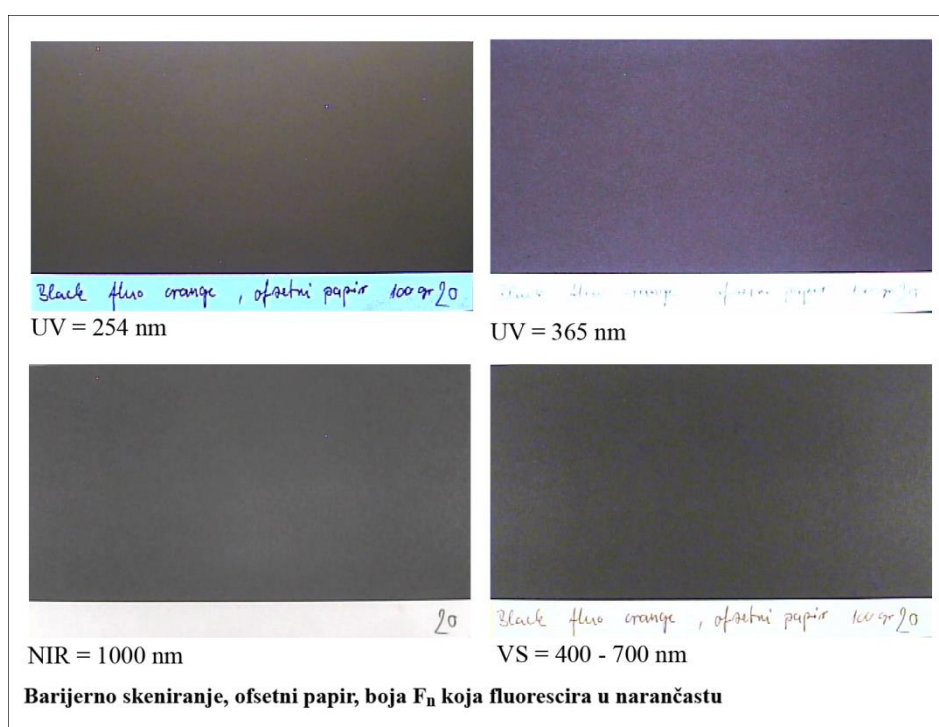


Slika 8.25. Barijerno skeniranje otiska punog tona  $F_n$  bojila na zaštićenom papiru Sihl





Slika 8.26. Barijerno skeniranje otiska punog tona F<sub>n</sub> bojila na papiru mat kunstdruck



Slika 8.27. Barijerno skeniranje otiska punog tona F<sub>n</sub> bojila na ofsetnom papiru

Otisci na zaštićenim papirima pri valnoj duljini od 365 nm imaju izvrsnu fluorescenciju u narančastu. Otisci na mat kunstdruck papiru i ofsetnom papiru izloženi valnoj duljini od 365 nm nemaju fluorescencije.

Tablica 8.13. Utvrđene CIELab vrijednosti boje barijerno skeniranog otiska punog tona  $F_n$  bojila na različitim tiskovnim podlogama, profil Swop

UV područje					
$\lambda=254$ / CIELab			$\lambda=365$ / CIELab		
Papir ofsetni	Papir mat kunstdruck	Papir zaštićeni Sihl	Papir ofsetni	Papir mat kunstdruck	Papir zaštićeni Sihl
46	51	51	40	42	67
3	-1	-2	12	0	0
5	31	39	-16	0	51

Barijernim skeniranjem, valnim duljinama od 254 nm i 365 nm utvrđene su znatne razlike između otisaka punog tona F bojila na mat kunstdruck papiru i ofsetnom papiru (slika 8.26 i 8.27, tablica 8.13). CIELab vrijednosti iz tablice 8.13. očitane su s originalnih barijerno skeniranih slika u aplikaciji Adobe Photoshop s profilom boje Swop (Coated), 20%, GCR, Medium.

Ovim istraživanjem utvrđeno je da postoje neznatne razlike u ponašanju  $F_n$  i  $F_z$  bojila na zaštićenim papirima Sihl i Mould, te da postoje značajne kolorimetrijske razlike između otisaka na zaštićenim papirima i otisaka na ofsetnom papiru i na mat kunstdruck papiru. Očitane CIELab vrijednosti s otisaka punog tona  $F_n$  i  $F_z$  bojila to i dokazuju.

### 8.5. Kreiranje nove skale boja blizanaca $F_0F_{40}$ za izradu F/Z grafika

Eksperimentalno se utvrđuje nova kombinacija boja za skrivanje grafike u ultraljubičastom i infracrvenom svjetlu. Tisak se odvija na ofsetnom tiskarskom stroju Heidelberg SpeedMaster 52-2P /2003, B3 formata, sa bojilima  $CMYF_n$ , na ofsetnom papiru i na mat kunstdruck papiru.

Ovim eksperimentom dokazuje se da se s aplikativnim rješenjem zbrajanja tonova boja mogu kreirati potpuno nove boje kojima će  $\Delta E$  odgovarati izvornim bojama. Zato takve nove boje nastale zbrajanjem kontinuiteta izvornih boja blizanaca  $F_0F_{40}$  nije potrebno prethodno testirati. Na taj način utvrđuje se potpuno nova skala boja s kojima se izvodi steganografija u UV i NIR spektru.

Izvorne boje koje su uzete u ovom eksperimentu su sljedeće:

- Žuta (lijevi element CMY: 40,31,100,0; desni element CMYF<sub>n</sub>: 6,7,93,40),
- Crna (lijevi element CMY: 100,100,100,0; desni element CMYF<sub>n</sub>: 95,86,86,40) ,
- Crvena (lijevi element CMY: 43,99,100,0; desni element CMYF<sub>n</sub>: 5,96,90,40),
- Zelena (lijevi element CMY: 61,34,51,0; desni element CMYF<sub>n</sub>: 40,5,36,40),
- Ružičasta (lijevi element CMY:44,92,38,0; desni element CMYF<sub>n</sub>: 4,84,4,40),
- Plava (lijevi element CMY: 88,59,23,0; desni element CMYF<sub>n</sub>: 77,35,2,40),
- Svjetlo siva (lijevi element CMY: 45,40,30,0; desni element CMYF<sub>n</sub>: 14,15,6,40),
- Tamno siva (lijevi element CMY: 70,56,36,0; desni element CMYF<sub>n</sub>: 50,34,12,40).

Aplikativno rješenje matematičkom metodom zbraja kontinuitete svake pojedine boje koja učestvuje u spajanju. Spajaju se dvije boje kreirane iz CMY iz desnog elementa u devet koraka dajući pri tome sedam potpuno novih boja kreiranih iz CMY (slika 8.28 i 8.29). Na jednak način spajaju se dvije boje desnog elementa kreiranog iz CMYF<sub>n</sub>, dajući potpuno nove boje. Tako se mogu izbjeći brojne iteracije utvrđivanja novih boja.



Slika 8.28.  $\Delta E$  novih boja blizanaca, bojila CMYF<sub>n</sub>, otisak na mat kustdruck papiru 115 g/m<sup>2</sup>

Na otiscima s novim bojama, koje su nastale algoritamskim zbrajanjem kontinuiteta polazišnih izvornih boja blizanaca  $F_0F_{40}$ , otkriva se vizualno poklapanje tonova boje lijevog i desnog elementa.

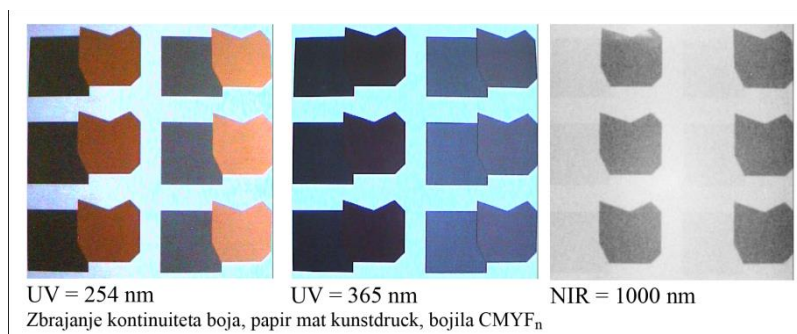
Takvi zadovoljavajući rezultati utvrđeni su na obje tiskovne podloge kod boja koje su nastale spajanjem izvornih boja: Crne i Zelene (slike 8.28 i 8.29). Na mat kunstdrucku utvrđena je najmanja razlika u boji  $\Delta E=1.06$ , a na ofsetnom papiru  $\Delta E=1.86$ .



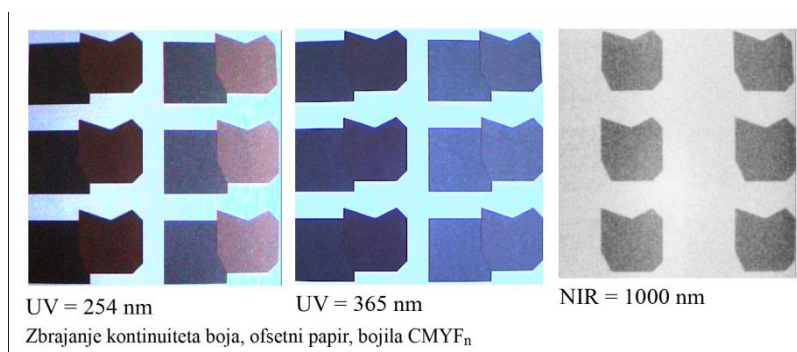
Slika 8.29.  $\Delta E$  novih boja blizanaca, bojila  $CMYF_n$ , otisak na ofsetnom papiru  $100 \text{ g/m}^2$

Tonovi boja lijevog i desnog elementa na otiscima vizualno otkrivaju primjetne i vidljive razlike u bojama kod izvornih boja blizanaca  $F_0F_{40}$ . Izuzetak su izvorni tonovi boja na papiru mat kunstdruck, gdje su utvrđene razlike u boji  $\Delta E < 2$  kod dvije polazne boje: Ružičaste i Crvene (slika 8.28). Ružičasta boja ima utvrđenu razliku u tonovima boje između lijevog i desnog elementa:  $\Delta E=1.25$ . Druga boja je Crvena koja ima utvrđen  $\Delta E=1.18$ . Te dvije boje, Crvena i Ružičasta, otisnute su na rubnim dijelovima tiskovnog arka (margo nogu). Utvrđena je promjena kod tri otvora bojanika, što je uzrokovalo manji nanos bojila  $F_n$ . Taj manji nanos bojila  $F_n$  pogodovao je navedenom izvrsnom rezultatu. Stroj Heidelberg SpeedMaster 52-2P, na kojem se tiskalo, ima šesnaest otvora bojanika za fino podešavanje nanosa bojila. Boje Ružičasta i Crvena, kod kojih je ustanovljen  $\Delta E < 2$ , na papiru mat kunstdruck nalaze se kod otvora bojanika broj 8, 9 i 10. Navedeni otvori bojanika uvjetovali su manji nanos  $F_n$  bojila a

time i bolji rezultat. U ofsetnom tisku postoji niz čimbenika koji utječu na kvalitetu tiska. Za skrivanje slike u UV i NIR spektru zahtijeva se vrhunski rezultat, gdje  $\Delta E$  mora biti manji od dva, pa je stoga jasna kompleksnost čitavog procesa pripreme i tiska sa svim varijablama koje mogu utjecati na konačan rezultat.



Slika 8.30. Barijerno skeniran otisak na mat kunstdruck papiru



Slika 8.31. Barijerno skeniran otisak na ofsetnom papiru

Barijerno skenirani otisci  $CMYF_n$  bojila na mat kunstdruck papiru i ofsetnom papiru dali su očekivane rezultate. Fluorescencija u narančastu pri 254 nm intenzivnija je na mat kunstdruck papiru, nego na ofsetnom papiru (slike 8.30 i 8.31). Obje tiskovne podloge izložene elektromagnetskom zračenju od 365 nm ne fluoresciraju u narančastu, već u ljubičaste tonove. Otisci osvjetljeni valnom duljinom od 1000 nm otkrivaju samo desni element koji ima  $Z$  vrijednost 38%, dok se lijevi element ne vidi.










Žuta,  $C_{40}M_{31}Y_{100}F_{n0}$ ,  $C_6M_7Y_{93}F_{n40}$ , se spaja i miješa u devet koraka sa drugom bojom, Crvenom,  $C_{43}M_{99}Y_{100}F_{n0}$ ,  $C_5M_{96}Y_{90}F_{n40}$  (tablice 8.14 i 8.15). Pri tome Žuta kod svakog

koraka gubi ton svoje boje i poprima ton Crvene boje; i obrnuto: Crvena boja kod svakog koraka gubi određeni dio svog tona, a poprima određeni dio tona Žute boje. Na taj način dobivene su potpuno nove boje, čiji tonovi su mješavina Žute i Crvene boje.

Tablica 8.14. Spajanje dviju boja (Žuta i Crvena)

Žuta		Crvena	
Lijevi element	Desni element	Lijevi element	Desni element
$C_{40} M_{31} Y_{100} F_{n_0}$	$C_6 M_7 Y_{93} F_{n_{40}}$	$C_{43} M_{99} Y_{100} F_{n_0}$	$C_5 M_{96} Y_{90} F_{n_{40}}$

Tablica 8.15. Zbrajanje kontinuiteta dviju boja, ulazne vrijednosti boja, profil boja Swop

Žuta/ Crvena	Koraci spajanja	
	Lijevi element $CMYF_n, X_0$	Desni element $CMYF_n, X_{40}$
	40,31,100,0	6,7,93,40
	40,40,100,0	6,18,93,40
	41,48,99,0	6,29,92,40
	42,56,100,0	5,40,92,40
	42,65,100,0	5,51,92,40
	42,73,100,0	5,63,91,40
	42,82,100,0	5,74,91,40
	43,91,100,0	5,85,90,40
	43,99,100,0	5,96,90,40

Dobivena je nova paleta boja kod kojih su utvrđena minimalna odstupanja u razlikama u boji. Ovim eksperimentom dokazano je da su novo nastale boje zadovoljavajuće kvalitete u odnosu na izvorišne boje blizance  $F_0F_{40}$  od kojih su nastale.

Sa ovim eksperimentom dokazano je se da se s algoritmom zbrajanja kontinuiteta dvije boje kreiraju potpuno nove boje kojima  $\Delta E$  odgovara izvornim bojama. Zato takve nove boje nastale zbrajanjem kontinuiteta izvornih boja blizanaca  $F_0F_{40}$  nije potrebno prethodno testirati.

Na taj način utvrđena je potpuno nova skala boja s kojima se izvodi steganografija u UV i NIR spektru. Tako je ostvarena nova metoda koja inovativno proširuje mogućnosti zaštitnog tiska.

Ovim testom potvrđen je utjecaj raznih čimbenika na kvalitetu ofsetnog tiska. Osim utjecaja kvalitete tiskovnih formi, temperature i vlage okoline, kvalitete procesnih bojila i otopine za vlaženje, kvalitete tiskovne podloge; veliki utjecaj ima i kvalitetan rad strojara (grafički tehničar tiska). Zbog svih tih subjektivnih i objektivnih čimbenika koji utječu na kvalitetu ofsetnog tiska, dozvoljene razlike u boji između reprodukcije i originala prema ISO 12647-2:2004 standardu su  $\Delta E$  od 4 do 5. Za CMYF separaciju uvjetovan  $\Delta E < 2$ , što pokazuje kompleksnost cjelokupnog postupka pripreme i tiska za dobivanja traženog rezultata.

Stvorena je nova formulacija bojila za infracrveno područje koje ima odziv: u vidljivom spektru kroz neograničen broj boja; u infracrvenom spektru kroz sivu skalu; u ultraljubičastom spektru kroz promjenu tona registriranog u vidljivom spektru; u ultraljubičastom spektru kroz promjenu tona registriranog u bliskom infracrvenom spektru. Na bojilo se djeluje u uskim, ograničenim svjetlosnim područjima: u vidljivom spektru od 400 do 700 nm; u ultraljubičastom području s 254 i s 365 nm; bojilo na koje se djeluje Z valnom duljinom od 1000 nm.

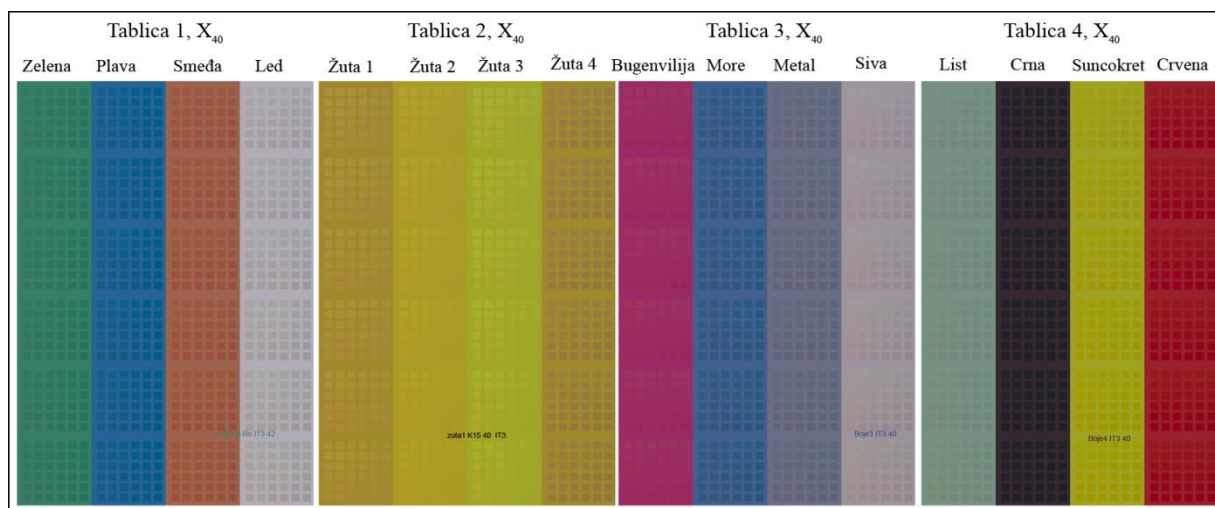
## **8.6. Metoda utvrđivanja boja blizanaca s iteracijama $X_0$ , $X_{20}$ , $X_{40}$ i $\Delta E$**

Sva mjerljiva svojstva boja prilagođena su za CIELab prostor boja s namjerom skrivanja slike u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom svjetlu, za što je potrebna velika preciznost. Napravljeni su probni otisci u ofsetnom tisku na stroju Heidelberg Speed Master 74-2PH sa šesnaest (16) različitih boja (Slika 8.32) na zaštićenom papiru Sihl sa bojilima  $F_n$  i  $F_z$ . Na zaštićenom papiru Sihl 95 g/m<sup>2</sup> s vodenim znakom i UV nevidljivim vlakancima vrijednost  $F_z$  bojila CIELab = 43,0,8 i vrijednost  $F_n$  bojila CIELab = 41, 3,7.

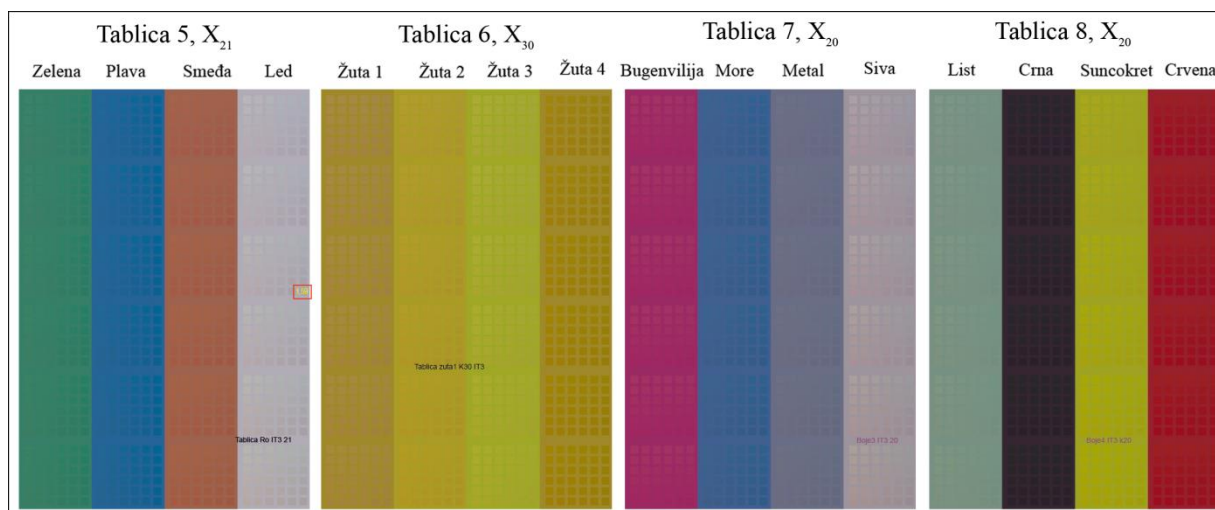
Vrijednosti F boja u eksperimentima su F=0%, F=20% i F=40%. Na tablici boja označenoj s Tablica 1,  $X_{42}$  gdje se nalaze četiri boje (Zelena, Plava, Smeđa i Led) vrijednost F boje je 42%, a kod Tablice 5,  $X_{21}$  s iste četiri boje vrijednost F boje je 21%. Vrijednost boje F=0



označava područje CMY bojila unutar čijeg tona je potrebno sakriti slike u UV i NIR području. S tim odabranim tonovima boje kreiranih iz CMY bojila, uspoređuju se tonovi boja koji su kreirani iz CMYF bojila. Oznaka  $X_0$  označava CMY područje u kojem je  $F=0$ ;  $X_{20}$  označava CMYF područje u kojem je  $F=20$  i  $X_{40}$  označava CMYF područje gdje je  $F=40$  (slika 8.32 i 8.33).



Slika 8.32. Šesnaest ciljanih boja stanja  $X_0$  s 216 izvedenica tona ciljane boje stanja  $X_{40}$ , zaštićeni papir Sihl, bojila  $CMYF_n$  i  $CMYF_z$



Slika 8.33. Šesnaest ciljanih boja stanja  $X_0$  s 216 izvedenica tona ciljane boje stanja  $X_{20}$ , zaštićeni papir Sihl, bojila  $CMYF_n$  i  $CMYF_z$

Eksperimenti su imali prethodno 2 iteracije za  $X_0$  i  $X_{40}$ . Iz svake iteracije uzet je ton boje za kojeg je utvrđena najniža razlika u boji  $\Delta E$ . Kod sljedeće iteracije izabrani ton boje s najnižim  $\Delta E$  smješta se u centar kolone sa 216 kvadratića uzoraka tona boje. Od izabranog i

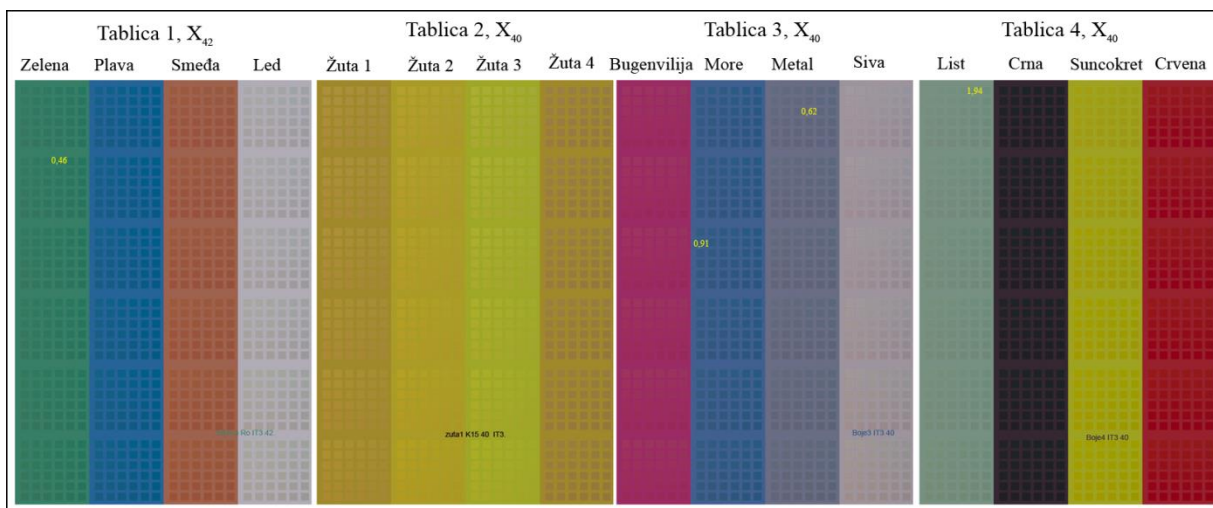


centriranog kvadratića tona boje utvrđuju se nove kombinacije CMY, tako da se prvom susjednom kvadratiću izmijeni vrijednost samo jedne od tri boje. F boja u toj postavi ima unaprijed zadanu vrijednost. Vrijednost boje cijan mijenja se s pomakom za jedan uzorak u desno, magenta s pomakom za jedan uzorak prema dolje i žuta s pomakom prema dolje za jedan skup od 36 uzoraka (svaka kolona boje ima 6 skupova sa po 36 uzoraka). Referentna boja kreirana iz CMY smještena je u pozadini i na sebi nosi 216 kombinacija tona boje (uzoraka) baziranog na CMYF (Slike 8.32 i 8.33). Tako je u svakoj koloni dobiveno 216 uzoraka tonova boje. Samo je jedan od tih tonova sa najmanjom razlikom u boji ušao u sljedeću fazu eksperimenta. Svaki kvadratić tona boje ima drukčije vrijednosti CMYF. Kod prvih otisnutih proba izmjeren je  $\Delta E$  između osnovne, referentne boje koja je u podlozi  $CMY=X_0$  i 216 kombinacija izvedenica tona te osnovne boje  $CMYF=X_{40}$ .

Za daljnje eksperimente uzeti su u obzir uzorci tona boje koji su imali utvrđenu najnižu vrijednost razlika u boji  $\Delta E$ . Iz tih uzoraka tona boje kreirana je nova postavka za tisak. Svaki od odabranih uzoraka s najnižim  $\Delta E$  postavljen je u centar grupe kojoj pripada, a iz njega su izvedeni ostali uzorci s minimalnim odstupanjima u vrijednostima CMYF. Eksperiment je završio kada je utvrđeno da je  $\Delta E$  manji od 2. U prethodnim eksperimentima utvrđeno je da je idealan ton različit za tisak na kunstdrucku, ofsetnom ili zaštićenom papiru, jer isto bojilo ima različite vrijednosti CIELab kod otisaka na različitim tiskovnim podlogama. CIELab vrijednosti s kojima se krenulo u tisak jesu izvorište, a razlike su nastale zbog ponašanja bojila na različitom papiru. Svaki element materije; boja i papir; nosi dodatke u definicijama. Na zaštićenom papiru Sihl utvrđeno je vrlo malo poklapanja između tonova boje kreirane iz CMY i tonova boje kreirane iz CMYF (slika 8.34 i 8.35).

Podudaranja u tonovima boja na otisku kod  $X_{40}$ , papir Sihl, bojila  $CMYF_n$  prema slici 8.34. su sljedeća (redom s lijeva na desno):

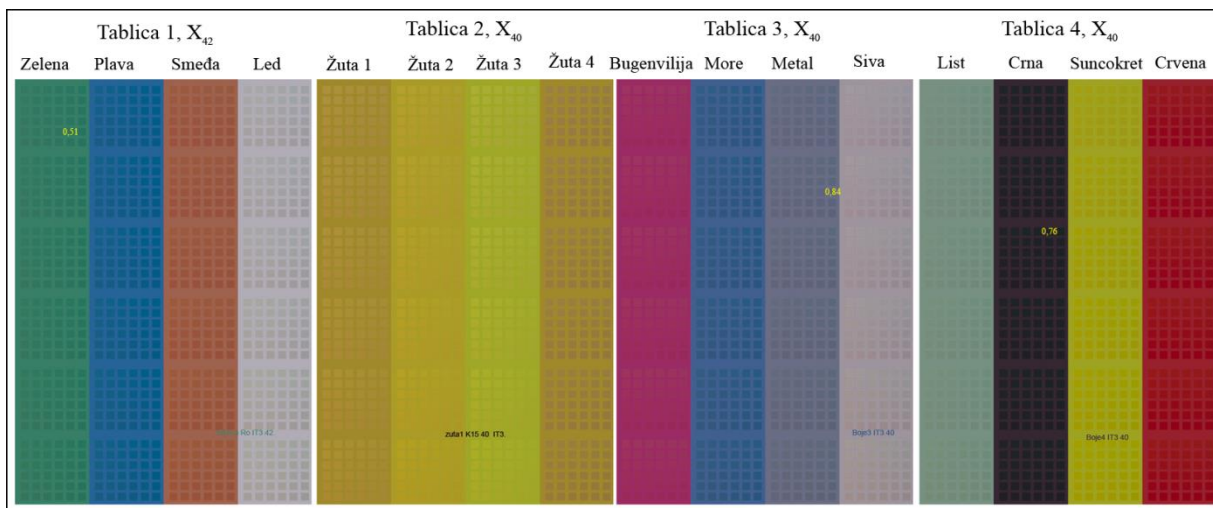
- Zelena boja, pozicija 4,1,2, utvrđen  $\Delta E=0,46$ ;
- Plava boja, pozicija 1,2,3, utvrđen  $\Delta E=0,91$ ;
- Metal boja, pozicija 4,3,1, utvrđen  $\Delta E=0,62$
- List boja, pozicija 5,1,1,  $\Delta E=1,94$



Slika 8.34. Podudaranje tonova boje za stanje  $X_{40}$   $CMYF_n$  i stanje  $X_0$   $CMY$ , zaštićeni papir Sihl

Podudaranja u tonovima boja na otisku kod  $X_{40}$ , papir Sihl, bojila  $CMYF_z$  prema slici 8.35. su sljedeća (redom s lijeva na desno):

- Zelena boja, pozicija 5,5,1, utvrđen  $\Delta E=0,51$ ;
- Metal boja, pozicija 6,4,2, utvrđen  $\Delta E=0,84$ ;
- Crna boja, pozicija 5,1,3, utvrđen  $\Delta E=0,76$



Slika 8.35. Podudaranje tonova boje za stanje  $X_{40}$   $CMYF_z$  i stanje  $X_0$   $CMY$ , zaštićeni papir Sihl

Utvrđeno je podudaranje u tonovima boje na Sihl zaštićenom papiru (slika 8.34 i 8.35) između  $CMY$  ( $X_0$ ) i  $CMYF_n$  ( $X_{40}$ ), kao i između  $CMY$  ( $X_0$ ) i  $CMYF_z$  ( $X_{40}$ ). Kod  $CMYF_n$ ,  $X_{40}$ , očitana su samo četiri podudaranja u tonovima boje, gdje je utvrđen  $\Delta E < 2$ . Kod  $CMYF_z$ ,  $X_{40}$ , izmjerena su svega tri podudaranja s tonom boje podloge  $CMY$ ,  $X_0$ . Kod boja koje su imali  $F$  vrijednost 20%, utvrđeno je samo jedno poklapanje u tonovima boje i to kod  $CMYF_z$  boja

koje nose oznaku Tablica 5,  $X_{21}$ , gdje je u boji Led na poziciji 6,6,3 očitana razlika u boji od 1,59 (slika 8.33) u odnosu na pozadinu ( $X_0$ , CMY).

Iako su ovim testom dobiveni dobri rezultati: četiri dobra rezultata za postavu  $CMYF_n$ ,  $X_{40}$  i tri dobra za  $CMYF_z$ ,  $X_{40}$  njihov broj nije zadovoljavajući za skrivanje slike u dva različita spektra. Cilj je imati najmanje pet podudaranja u tonovima boje gdje će  $\Delta E$  biti manji od dva. Da bi ti tonovi bili prihvatljivi moraju se i vizualno u potpunosti podudarati. Također je važna i raznolikost među bojama (na primjer: zelena, crvena, oker) u kojima bi se skrivala slika, tako da odabrane boje nisu vizualno slične (na primjer tamne boje: tamno smeđa, tamno siva).

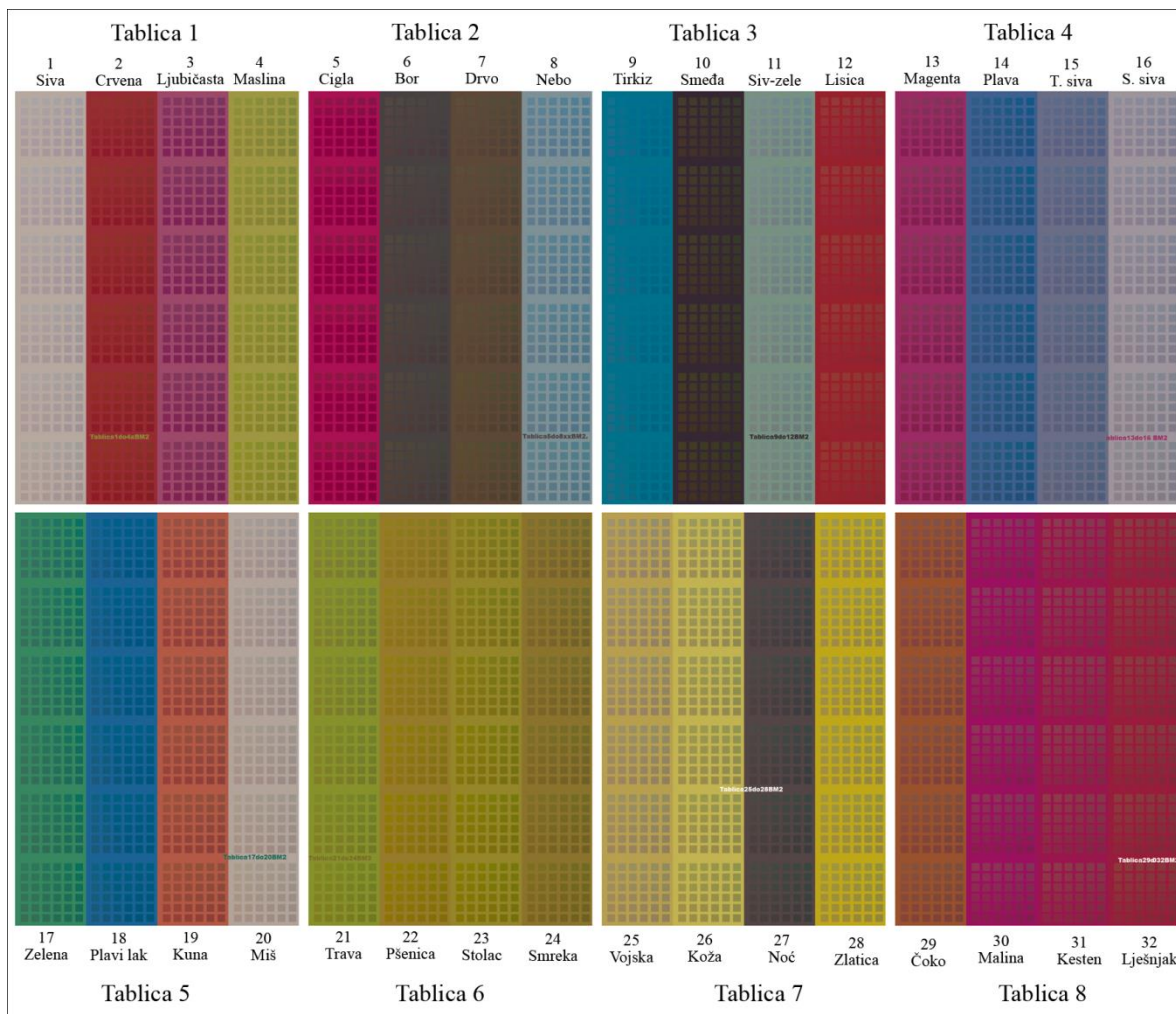
Kako bi utvrdili dosadašnje metode istraživanje se proširuje na zaštićeni papir Mould. U sljedećim eksperimentima će se proširiti potraga za odgovarajućim tonovima boje na način da se udvostruči broj boja u eksperimentima.

### **8.7. Iteracije $X_0$ , $X_{40}$ i $\Delta E$ za zaštićeni papir Mould**

S ciljem skrivanja slike u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom spektru na zaštićenom papiru Mould, napravljeni su probni otisci u ofsetnom tisku sa trideset i dvije (32) različite boje (slika 8.36). Utvrđena su poklapanja kod četiri tona boje u prethodnom eksperimentu koji je imao 16 različitih boja tiskanih na zaštićenom papiru Sihl. Zato se u ovom eksperimentu broj boja udvostručuje. Tako se osigurala mogućnost većeg broja poklapanja u tonovima boje, što dokazuju rezultati ovog eksperimenta. Tiska se na ofsetnom tiskarskom stroju Heidelberg Speed Master 74-2PH, dvobojnom tiskarskom stroju formata B2, 500x700 mm.

Zaključeno je da su razlike u ponašanju  $F_n$  i  $F_z$  bojila na zaštićenim papirima Mould i Sihl vrlo male, pa se stoga uzima ista receptura za oba F bojila. Tisak se vrši i sa procesnim bojilima CMYK zbog usporedbe. Bojila koja se koriste u tisku sa istim tiskovnim formama u istim uvjetima tiska, na istoj tiskovnoj podlozi, su sljedeća:  $CMYF_n$ ;  $CMYF_z$  i CMYK. Tiskovna podloga je zaštićeni papir Mould 95 g/m<sup>2</sup> s vodenim znakom i UV nevidljivim vlakancima. Svaka od 32 boje kreirana je iz procesnih boja CMY. Svaka boja ima 6 grupa s 36 uzoraka, što je 216 kombinacija tona boje baziranog na CMYF (slika 8.36). Traži se vizualno podudaranje tonova boje između referentne boje kreirane iz cijana, magente i žute sa izvedenicama tona referentne boje u obliku kvadratića kreiranih iz cijana, magente, žute i F

bojila. Na osnovu vizualnog poklapanja dvaju tonova boje, spektrofotometrom se utvrđuje  $\Delta E$ . Eksperiment je završio kada je utvrđeno da je  $\Delta E$  manji od 2. Takvim bojama blizancima kreirat će se F/Z grafike.



Slika 8.36. Trideset i dvije ciljne boje  $X_0$  s 216 kombinacija tona boje  $X_{40}$ , bojila  $CMYF_n$  i  $CMYF_z$ , papir zaštićeni Mould

32 boje koje su korištene u ovom eksperimentu redom su nazvane:

1 Siva, 2 Crvena, 3 Ljubičasta, 4 Maslina, 5 Cigla, 6 Bor, 7 Drvo, 8 Nebo, 9 Tirkiz, 10 Smeđa, 11 Sivo-Zelena, 12 Lisica, 13 Magenta, 14 Plava, 15 Tamno siva, 16 Svjetlo siva, 17 Zelena, 18 Plavi lak, 19 Kuna, 20 Miš, 21 Trava, 22 Pšenica, 23 Stolac, 24 Smreka, 25 Vojska, 26 Koža, 27 Noć, 28 Zlatica, 29 Čoko, 30 Malina, 31 Kesten, 32 Lješnjak.

Rezultati i analize istraživanja dobivenih  $CMYF_z$  i  $CMYF_n$  separacijom i iteracijom  $X_0$ ,  $X_{40}$ ,  $\Delta E$  za zaštićeni papir Mould dani su u poglavlju 9.

## 9. REZULTATI ISTRAŽIVANJA CMYF SEPARACIJE U SIGURNOSNOM OFSETNOM TISKU

### 9.1. CMYF separacija za zaštitna ofsetna spot bojila i zaštićeni papir Mould

Prva testiranja napravljena su sa pripremama za karbon crno bojilo koje je zamijenjeno s bojilima  $F_n$  i  $F_z$ . Utvrđene su velike razlike između CMYKIR separacije i CMYF separacije. Zamjenom karbon black iz skale CMYK sa tamno sivim UV fluorescentnim narančastim,  $F_n$  bojilom i UV fluorescentnim zelenim,  $F_z$  bojilom, kod prvih testiranja (iteracija) dobiveni su rezultati s velikim odstupanjima u razlikama u boji ( $\Delta E$ ) između CMY,  $X_0$  tonova i CMYF,  $X_{40}$  tonova boje. Kako je za skrivanje slike potrebna velika preciznost, napravljen je znatan broj testiranja. Odabrani su uzorci (kvadratići) tona boje iz CMYF s najnižom razlikom u boji  $\Delta E$  u odnosu na referentnu boju iz podloge kreiranu iz CMY bojila. Od tih odabranih uzoraka tona boje (tablica 9.1 i 9.3) kreirane su F/Z grafike. Na taj način stvorena su dva ista tona boje koja se u potpunosti pokrivaju u vizualnom sustavu, a imaju unaprijed zadanu UV i IR vrijednost. Svi uzorci boja CMYF sadrže točno 40% boje F, a način pretrage uzoraka izuzeto je precizan. Pokazalo se da se dva odabrana F bojila  $F_n$  i  $F_z$ , mogu miješati u beskonačnom broju kombinacija sa cijan, magentom i žutom dajući pri tome nove tonove boja.

Razlike u tonovima boje otisaka s CMYF $_z$  bojilima na zaštićenom papiru Mould, mjereni su spektrofotometrom SpectroEye X-Rite. Kod  $F_z$  bojila utvrđeno je ukupno 19 podudaranja u tonovima boje između stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  (tablica 9.1), gdje je izmjerena razlika u bojama  $\Delta E$  bila manja od dva. Kod  $F_n$  bojila pronađeno je 13 prihvatljivih tonova boje (tablica 9.3), uzoraka koji se vizualno poklapaju s osnovnom bojom kreiranom iz CMY koja se nalazi u podlozi kolone (koja na sebi nosi 216 izvedenica tona osnovne boje u obliku kvadratića). Osim F bojila u eksperimentu je korišteno i procesno crno K bojilo s kojim je zamijenjeno F bojilo. Za K bojilo nije utvrđeno ni jedno poklapanje u tonovima među bojama na zaštićenom papiru Mould (tablice 9.2 i 9.4.).

Tablica 9.1. Minimalni utvrđeni i izmjereni  $\Delta E$  boja blizanaca između  $CMYF_z$  ( $F_z$  fluorescira u zelenu) i  $CMY$ , mjerenje ofsetnih otisaka spektrofotometrom, papir zaštićeni Mould

Red. br. boje	Boja	Uzorci boja	Gray %	Pozicija	X <sub>0</sub> , CMY	X <sub>40</sub> , CMYF	$\Delta E_{40}$
1	Siva		46	5,1,1	33,33,33	6,6,0,40	<b>0.25</b>
2	Crvena		84	5,6,1	43,95,90	15,92,70,40	7,95
3	Ljubičasta		77	1,3,5	44,81,42	22,81,12,40	<b>1.95</b>
4	Maslina		57	5,5,2	41,39,86	25,17,78,40	<b>0.62</b>
5	Cigla		84	6,1,1	34,98,52	17,92,26,40	4,28
6	Bor		86	5,1,4	86,82,85	67,59,65,40	<b>0.30</b>
7	Drvo		82	1,4,5	74,80,95	52,61,78,40	<b>0.32</b>
8	Nebo		65	1,2,2	59,36,36	49,9,9,40	8,56
9	Tirkiz		72	4,2,5	99,43,40	85,10,16,40	<b>1.22</b>
10	Smeđa		88	5,1,1	99,99,99	75,67,83,40	3,00
11	Sivo-zelena		61	2,2,2	61,35,51	34,9,19,40	7,21
12	Lisica		80	6,1,5	43,99,99	15,78,65,40	<b>0.62</b>
13	Magenta		77	4,1,2	44,92,38	24,79,14,40	<b>0.94</b>
14	Plava		79	1,2,1	88,59,23	78,33,0,40	4,83
15	T. Siva		69	3,3,2	70,56,36	56,33,4,40	<b>0.90</b>
16	S. Siva		51	5,1,1	45,40,30	28,16,0,40	<b>1.57</b>
17	Zelena		64	1,1,4	80,32,75	68,5,56,40	<b>1.90</b>
18	Plavi lak		78	1,1,1	97,55,22	85,23,5,40	6,74
19	Kuna		66	1,2,5	30,76,77	5,66,60,40	<b>1.19</b>

20	Miš		54	6,2,1	35,35,35	12,12,10,40	5,40
21	Trava		56	5,2,1	50,38,99	33,14,80,40	<b>1.97</b>
22	Pšenica		70	6,6,1	45,55,99	24,37,89,40	3,04
23	Stolac		68	1,6,4	45,48,99	22,33,97,40	2,90
24	Smreka		65	3,6,2	50,58,99	31,44,83,40	<b>1.52</b>
25	Vojska		57	1,3,3	30,38,79	7,19,45,40	8,65
26	Koža		53	1,1,3	25,28,79	7,7,61,40	8,90
27	Noć		84	1,3,4	80,80,80	65,59,62,40	<b>0.82</b>
28	Zlatica		57	1,6,1	25,35,98	4,20,65,40	10,98
29	Čoko		72	1,4,6	43,79,99	19,67,63,40	<b>1.30</b>
30	Malina		80	2,1,3	43,99,39	16,79,14,40	<b>0.66</b>
31	Kesten		80	2,1,6	43,99,59	16,76,39,40	<b>0.53</b>
32	Lješnjak		80	3,1,6	43,99,79	18,76,56,40	<b>1.68</b>

Razlike u boji utvrđuju se između stanja  $X_0$  (referentne boje u podlozi CMY) i stanja  $X_{40}$  (uzoraka boje kreiranih iz CMYF). Uspoređuju se otisci  $CMYF_z$  s otiscima  $CMYF_n$  i CMYK. Uspoređuje se tako što se očitavaju vrijednosti razlika u boji sa svih otisaka s pozicija gdje su utvrđene najniže vrijednosti,  $\Delta E < 2$ . Tako se prvo uspoređuju odabrane pozicije  $F_z$  bojila. S istih pozicija utvrđenih za  $F_z$  bojilo, očitavaju se vrijednosti s otisaka koji su otisnuti  $F_n$  bojilom i K bojilom. Rezultati usporedbe odabranih pozicija  $F_z$  bojila dani su u tablici 9.2. Proces se ponavlja i za  $F_n$  bojilo. Spektrofotometrom se očitavaju vrijednosti  $\Delta E$  za  $CMYF_z$  i CMYK sa otisaka na pozicijama utvrđenih prihvatljivih razlika u boji koje su manje od dva,  $\Delta E < 2$ , za  $F_n$  bojilo.



Tablica 9.2. Usporedba utvrđenih pozicija s najnižim vrijednostima  $\Delta E$  otisaka sa fluorescentnim zelenim i procesnim bojilima  $CMYF_z$  sa otiscima  $CMYF_n$  i  $CMYK$




















R.b.	Boja	Pozicija	$CMYF_z, \Delta E$	$CMYF_n, \Delta E$	$CMYK, \Delta E$
1	Siva	5,1,1	<b>0.25</b>	3.86	8.06
3	Ljubičasta	1,3,5	<b>1.95</b>	5.49	8.21
4	Maslina	5,5,2	<b>0.62</b>	6.78	8.50
6	Bor	<b>5,1,4</b>	<b>0.30</b>	<b>1.46</b>	5.54
7	Drvo	4,1,5	<b>0.32</b>	2.66	4.23
9	Tirkiz	4,2, 5	<b>1.22</b>	2.30	9.13
12	Lisica	6,1,5	<b>0.62</b>	2.90	9.21
13	Magenta	4,1,2	<b>0.94</b>	3.59	8.11
15	T. Siva	3,3,2	<b>0.90</b>	5.06	7.32
16	S. Siva	5,1,1	<b>1.57</b>	5.84	9.33
17	Zelena	1,1,4	<b>1.90</b>	6.45	7.71
19	Kuna	1,2,5	<b>1.19</b>	4.88	7.71
21	Trava	5,2,1	<b>1.97</b>	2.45	7.81
24	Smreka	3,6,2	<b>1.52</b>	3.50	5.72
27	Noć	1,3,4	<b>0.82</b>	2.32	4.76
29	Čoko	4,1,6	<b>1.30</b>	4.20	9.09
30	Malina	2,1,3	<b>0.66</b>	4.13	6.61
31	Kesten	2,1,6	<b>0.53</b>	2.70	7.61
32	Lješnjak	3,1,6	<b>1.68</b>	3.13	6.52

U tablici 9.2. prikazani su rezultati usporedbe. Utvrđena je najmanja razlika u boji na istoj poziciji kvadratića: 5,1,4, boja broj 6 Bor, za oba F bojila:  $F_z$  i  $F_n$  (za  $F_z$ ,  $\Delta E=0,30$ ; za  $F_n$   $\Delta E=1,46$ ).

Za otiske s  $CMYF_n$  bojilima očitane vrijednosti razlika u boji sa zaštićenog papira Mould dane su u tablici 9.3.. Kod svih otisaka prihvaćena su samo vizualna poklapanja u tonovima boja kojima je utvrđena vrijednost  $\Delta E < 2$ .



Tablica 9.3. Minimalni utvrđeni i izmjereni  $\Delta E$  boja blizanaca između  $CMYF_n$  ( $F_n$ , fluorescira u narančastu) i  $CMY$ , mjerenje ofsetnih otisaka spektrofotometrom, papir zaštićeni Mould

Red. br. boje	Boja	Uzorci boja	Gray %	Pozicija	X <sub>0</sub> , CMY	X <sub>40</sub> , CMYF	$\Delta E_{40}$
1	Siva		50	5,1,5	33,33,33	6,6,6,40	2,53
2	Crvena		80	2,1,1	43,95,90	7,84,70,40	6,21
3	Ljubičasta		81	1,3,5	44,81,42	22,81,12,40	5,49
4	Maslina		58	1,1,2	41,39,86	17,9,78,40	5,68
5	Cigla		84	1,6,6	34,98,52	7,100,36,40	3,89
6	Bor		86	5,1,4	86,82,85	67,59,65,40	<b>1.46</b>
7	Drvo		82	3,4,2	74,80,95	56,61,72,40	<b>0.69</b>
8	Nebo		64	1,1,1	59,36,36	49,7,7,40	7,95
9	Tirkiz		72	3,1,6	99,43,40	83,8,18,40	<b>1.11</b>
10	Smeda		88	6,1,6	99,99,99	77,67,93,40	3,76
11	Sivo-zelena		64	6,1,6	61,35,51	44,7,27,40	3,50
12	Lisica		80	4,1,5	43,99,99	11,78,65,40	<b>1.40</b>
13	Magenta		81	4,1,2	44,92,38	24,79,14,40	3,59
14	Plava		79	1,2,1	88,59,23	78,33,0,40	4,21
15	Tamno siva		69	3,1,6	70,56,36	56,29,12,40	<b>1.90</b>
16	S. Siva		60	5,1,1	45,40,30	28,16,0,40	5,84
17	Zelena		72	1,1,3	80,32,75	68,5,54,40	3,11
18	Plavi lak		79	5,1,1	97,55,22	93,23,5,40	6,20
19	Kuna		66	1,1,2	30,76,77	5,64,54,40	<b>1.68</b>

20	Miš		44	6,2,1	35,35,35	12,12,10,40	<b>1.44</b>
21	Trava		56	4,2,1	50,38,99	31,14,80,40	<b>1.68</b>
22	Pšenica		61	6,6,1	45,55,99	24,37,89,40	<b>1.93</b>
23	Stolac		68	2,5,1	45,48,99	24,31,91,40	2,39
24	Smreka		65	2,4,1	50,58,99	29,40,81,40	<b>1.50</b>
25	Vojska		56	1,1,6	30,38,79	7,15,51,40	7,38
26	Koža		53	1,1,1	25,28,79	7,7,57,40	5,21
27	Noć		84	1,1,2	80,80,80	65,55,58,40	<b>0.99</b>
28	Zlatica		55	1,4,1	25,35,98	4,14,65,40	5,78
29	Čoko		75	1,1,6	43,79,99	19,61,55,40	2,40
30	Malina		80	5,1,3	43,99,39	22,79,14,40	<b>1.18</b>
31	Kesten		80	1,1,6	43,99,59	14,76,39,40	<b>1.79</b>
32	Lješnjak		81	5,1,6	43,99,79	22,76,56,40	2,42

Sa tonovima boje koji su prikazani u tablicama 9.1. i 9.3. i čija je vrijednost razlike u boji manja od dva, mogu se kreirati F/Z grafike. Kako je bojilo  $F_z$  koje fluorescira u zelenu dalo više dobrih rezultata, tako će se koristiti u sljedećim eksperimentima kreiranja i izrade F/Z grafika.

Usporednim mjerenjem otisaka s  $F_z$  bojilom na pozicijama koje su odabrane za  $F_n$  bojilo, utvrđeno je pet pozicija koje imaju  $\Delta E < 2$ .

S ovim eksperimentom utvrđeno je da otisci s  $F_z$  bojilom imaju više dobrih rezultata od otisaka s  $F_n$  bojilom, gdje su izmjerene razlike u boji manje od 2 (rezultati su dani u tablici 9.4).

Tablica 9.4. Usporedba utvrđenih pozicija s najnižim vrijednostima  $\Delta E$  otisaka s fluorescentnim narančastim i procesnim bojilima  $CMYF_n$  sa otiscima  $CMYF_z$  i  $CMYK$

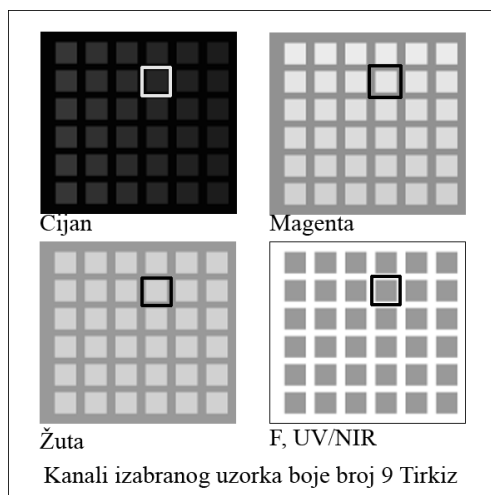
R.b.	Boja	Pozicija	$CMYF_n, \Delta E$	$CMYF_z, \Delta E$	$CMYK, \Delta E$
6	Bor	<b>5,1,4</b>	<b>1.46</b>	<b>0.30</b>	5.54
7	Drvo	3,4,2	<b>0.69</b>	2.36	5.67
9	Tirkiz	3,1,6	<b>1.11</b>	2.08	9.06
12	Lisica	4,1,5	<b>1.40</b>	<b>1.71</b>	8.24
15	Tamno siva	3,1,6	<b>1.90</b>	4.25	5.51
19	Kuna	1,1,2	<b>1.68</b>	<b>1.41</b>	8.30
20	Miš	6,2,1	<b>1.44</b>	5.01	5.19
21	Trava	4,2,1	<b>1.68</b>	2.42	7.77
22	Pšenica	6,6,1	<b>1.93</b>	3.04	6.63
24	Smreka	2,4,1	<b>1.50</b>	3.39	7.06
27	Noć	1,1,2	<b>0.99</b>	<b>1.72</b>	3.68
30	Malina	5,1,3	<b>1.18</b>	2.76	8.76
31	Kesten	1,1,6	<b>1.79</b>	<b>1.14</b>	6.70

Kod K bojila nema prihvatljivog rezultata vizualnog poklapanja u tonovima među bojama, a izmjerene razlike u bojama  $\Delta E$  veće su od dva. Najbolji rezultat otisaka na zaštićenom Mould papiru sa procesnim  $CMYK$  bojilima pokazao se kod boje broj 20 Miš na poziciji 2,3,3 gdje je  $\Delta E=2,11$  i kod boje broj 6 Bor na poziciji 1,1,2 gdje je  $\Delta E=3,04$  (tablica 9.5).

Tablica 9.5. Minimalni  $\Delta E$  tona boje između  $CMYK$  i  $CMY$  za usporedbu sa  $CMYF_n$  i  $CMYF_z$

R.b.	Boja	Gray %	Pozicija	$X_0, CMY$	$X_{40} CMYK$	$K, \Delta E$	$F_n, \Delta E$	$F_z, \Delta E$
6	Bor	86	1,1,2	86,82,85	59,59,63,40	3.04	3.72	1.59
20	Miš	44	2,3,3	35,35,35	6,12,14,40	2.11	5.68	7.23

Kod boje broj 9 Tirkiz otisnute na zaštićenom papiru Mould sa  $CMYF_z$  bojilima, odabrani uzorak tona boje  $X_{40}=C_{85}M_{10}Y_{16}F_{40}$  u potpunosti vizualno odgovara tonu boje  $X_0=C_{99}M_{43}Y_{40}$ . Taj ton boje,  $X_0$ , nema ni IR ni UV svojstva. Utvrđena je prihvatljiva razlika između te dvije boje:  $\Delta E = 1.22$ . Za F bojila pronađen je pandan u  $CMY$  kombinaciji bojila. Ta  $CMY$  kombinacija je precizno izračunata. Kod svakog testiranja utvrđivani su rezultati mjerenja iz višebojnog ofsetnog  $CMYF$  otiska. Sa svakim novim eksperimentom rezultati su bili sve bolji i razlike u boji sve manje. Testiranje je završeno onda kada su razlike u boji između kvadratića kreiranih iz  $CMYF$  i postojeane podloge iz  $CMY$  manje od 2,  $\Delta E < 2$ .



Slika 9.1. Kanali skupa kvadratića izabranog uzorka boje broj 9 Tirkiz,  $\Delta E=1.22$ ,  $CMYF_z$

Na slici 9.1. prikazani su kanali boje broj 9 Tirkiz iz Tablice 3 sa pozicije 4,2,5. Pozicija 4 označava pomak cijana u desno za 4 kvadratića, pozicija 2 označava pomak magente za dva kvadratića prema dolje i pozicija 5 označava pomak žute prema dolje za cijeli skup od 36 kvadratića. U kanalima cijan, magenta i žuta postoji ton u podlozi, dok u F kanalu nema tona u podlozi. U kanalu cijan očitano je u programu Adobe Photoshop Grey (sivi) ton u podlozi koji iznosi 99%, dok izabrani kvadratić ima vrijednost 85%. U kanalu magenta Grey ton u podlozi ima vrijednost 43% a uzorak boje odabranog kvadratića 10%. U žutom kanalu ton u podlozi ima vrijednost 40%, dok izabrani kvadratić ima vrijednost 16%. Kanal F u podlozi ima vrijednost 0%, dok odabrani kvadratić ima vrijednost 40%.

## 9.2. Rasprava rezultata

### 9.2.1. Stanje $X_0$ i stanje $X_{40}$ otisaka s ofsetnim bojilima $CMYF_z$

Cilj je dobiti isti ton boje od bojila CMY i od bojila  $CMYF_z$ . Za svaku boju kreiranu iz CMY postoji 216 kombinacija uzoraka boje  $CMYF_z$  (dalje: stanje  $X_{40}$ ). Uzorci boje su u obliku 216 kvadratića na podlozi osnovne boje CMY (dalje: stanje  $X_0$ ). Traži se vizualno podudaranje stanja  $X_0$  i stanja  $X_{40}$ . Kod bojila  $F_z$  koje fluorescira u zelenu dobiveno je 19 odgovarajućih uzoraka boja (tablica 9.1). S bojilom  $F_n$  koje fluorescira u narančastu ostvareno je ukupno 13 dobrih poklapanja u tonovima boje između stanja  $X_0$  i stanja  $X_{40}$  (tablica 9.3). Koristi se CMY sustav kao baza za kreiranje recepture, jer su zadane vrijednosti cijana, magente i žute, osnovne boje konstantni; dok svaki kvadratić ima drugačiji sastav  $CMYF_z$ .



S otisaka se spektrofotometrom utvrđuju CIELab vrijednosti i razlike u tonovima boje  $\Delta E$ . Otisci s istim tiskovnim formama izvedeni su u tri različite kombinacije bojila. Procesna bojila cijan, magenta i žuta su u sve tri mutacije tiska ista, dok se karbon crno procesno bojilo K zamjenjuje sa F bojilima ( $F_z$  i  $F_n$ ). Dobiveni otisci imaju sljedeće kombinacije bojila: CMYK,  $CMYF_n$ ,  $CMYF_z$ . Kako je očekivano, utvrđena su velika odstupanja kod tonova boje otisaka s crnim procesnim bojilom (tablice 9.2, 9.4 i 9.5).

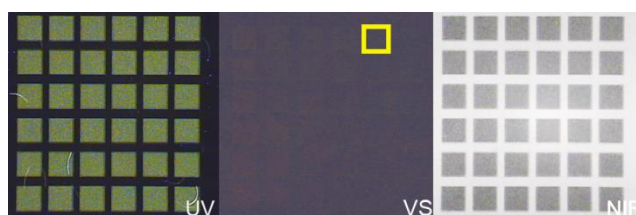
Utvrđuje se da se CMYKIR separacija razlikuje od CMYF separacije.

Kod prvih iteracija zamjenom karbon crnog procesnog bojila iz skale CMYK sa tamno sivim UV fluorescentnim bojilima dobiveni su rezultati s velikim odstupanjima razlika u boji ( $\Delta E$ ) između CMYF,  $X_{40}$  tonova boje i CMY,  $X_0$  tonova boje. Kod treće iteracije utvrđeni su izvrsni rezultati za bojila CMYF, gdje je  $\Delta E < 2$ , i vrlo loši rezultati za bojila CMYK. Za K procesno bojilo utvrđena su velika odstupanja u razlikama u boji između stanja  $X_{40}$  (CMYK) i stanja  $X_0$  (CMY). Zaključeno je da se ova separacija za CMYK bojila ne može koristiti. Eksperimentalno se izjednačava stanje  $X_0$  sa stanjem  $X_{40}$ . Ne postoji „Color Setting“ (postavke boja) za papire i bojila koja su korištena u ovom istraživanju, već su višestrukim slijednim testiranjem, mjerenjem i dokazivanjem traženi blizanci boje za  $X_0$  i  $X_{40}$  u V području.

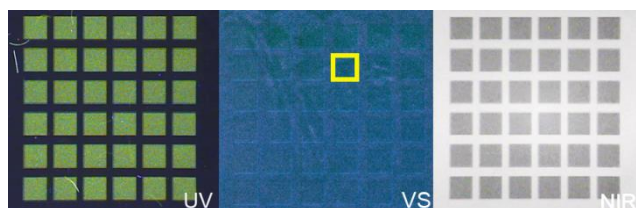
Stanje  $X_0$  je nevidljivo pod utjecajem bliskog infracrvenog spektra valne duljine 1000 nm i nema promjene refleksije ni odziva u ultraljubičastom području valne duljine od 365 nm (tablica 9.6). Stanje  $X_{40}$  ima svojstveni odziv u UV i NIR spektru. Pod utjecajem ultraljubičastog svjetla prelazi u zelenu, a pobuđeno IR svjetlom prelazi u sivu.

Tablica 9.6. Stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  boja blizanaca, bojila  $CMYF_z$ , papir zaštićeni Mould

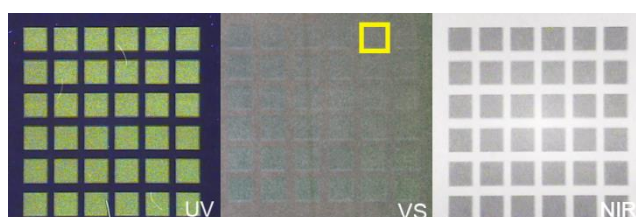
Boja	Stanje bojila	Vrijednosti bojila	Max. Z vrijednost %	$\lambda=1000$ nm	$\lambda=365$ nm
12 Lisica 	Stanje $X_0$	$C_{43}M_{99}Y_{99}$	0%	Nevidljivo	Nema efekta fluorescencije
	Stanje $X_{40}$	$C_{15}M_{78}Y_{65}F_{40}$	38%	Siva	Fluorescentna zelena
17 Zelena 	Stanje $X_0$	$C_{80}M_{32}Y_{75}$	0%	Nevidljivo	Nema efekta fluorescencije
	Stanje $X_{40}$	$C_{68}M_5Y_{56}F_{40}$	38%	Siva	Fluorescentna zelena



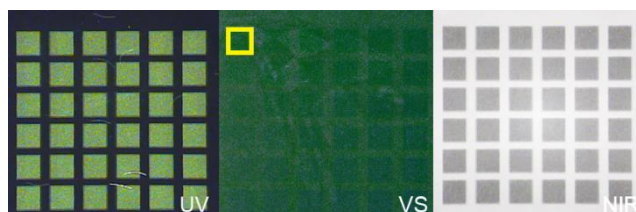
Slika 9.2. Barijerno skeniran otisak odabrane boje 6 Bor, bojila CMYF<sub>z</sub>, papir zaštićeni Molud



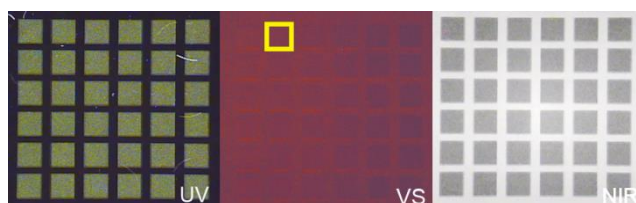
Slika 9.3. Barijerno skeniran otisak odabrane boje 9 Tirkiz, bojila CMYF<sub>z</sub>, papir zaštićeni Molud



Slika 9.4. Barijerno skeniran otisak odabrane boje 16 S. siva, bojila CMYF<sub>z</sub>, papir zaštićeni Molud



Slika 9.5. Barijerno skeniran otisak odabrane boje 17 Zelena, bojila CMYF<sub>z</sub>, papir zaštićeni Molud



Slika 9.6. Barijerno skeniran otisak odabrane boje 31 Kesten, bojila CMYF<sub>z</sub>, papir zaštićeni Molud

Tablica 9.7. Kolorimetrijska vrijednost odabranih uzoraka boja, stanja UV i IR, bojila

CMYF<sub>z</sub>, papir zaštićeni Molud, profil boje Swop

Boja	Λ=365 nm		Λ=1000 nm
	CIELab	RGB	Z %
6. Bor	52 -10 14	115,129,100	38
9. Tirkiz	59 -21 34	121,152,80	38
16. Svjetlo siva	76 -20 44	169,196,102	38
17. Zelena	62 -28 29	112,164,97	38
31. Kesten	54 -9 14	120,132,104	38

Uređajem Projectina Docubox forenzic system PIA 6000 skenirani su valnim duljinama od 365 nm i 1000 nm otisci s odabranim uzorcima (kvadratićima) boje kod kojih je utvrđen najmanji ΔE. Kod svih tonova uzoraka boja X<sub>40</sub> vrijednost boje F je 40%. Pod utjecajem UV svjetla svi uzorci (kvadratići) boja fluoresciraju u zelenu. Tonovi fluorescentne zelene se razlikuju za svaku boju. Što su razlike u vidljivom spektru među bojama veće; to su veće razlike u tonovima fluorescentnih zelenih boja odabranih uzoraka u UV području. Primjer za to su razlike između boje 6 Bor i boje 16 Svjetlo siva (slike 9.2. i 9.4., tablica 9.7).



Otisak skupa od 36 kvadratića s bojom 6 Bor (ulazna vrijednost odabrane boje s najnižim ΔE je X<sub>40</sub>=C<sub>67</sub>M<sub>59</sub>Y<sub>65</sub>F<sub>40</sub>) na zaštićenom papiru Mould s bojilima CMYF<sub>z</sub>, skenira se valnom duljinom od 365 nm. Skenirani otisak s bojom 6 Bor (slika 9.2.) ima vrijednost odabranog uzorka u zelenoj fluorescenciji CIELab: 52,-10,14. Mjerenje CIELab vrijednosti obavlja se na originalnom otisku skeniranom uređajem Projectina Docubox forenzic system PIA 6000. Vrijednosti barijerno skeniranih slika otisaka očitavaju se u programu Adobe Photoshop s profilom boja Swop (Coated), 20%, GCR, Medium. Otisak boje 16 Svjetlo siva (slika 9.4.) ima ulaznu vrijednost boje odabranog kvadratića s najnižim ΔE, X<sub>40</sub>=C<sub>28</sub>M<sub>16</sub>Y<sub>0</sub>F<sub>40</sub>, koji skeniran valnom duljinom od 365 nm ima vrijednost zelene fluorescencije CIELab: 76,-20,44. Razlike u uzorcima tona fluorescentne zelene boje skeniranih s valnom duljinom od 365 nm

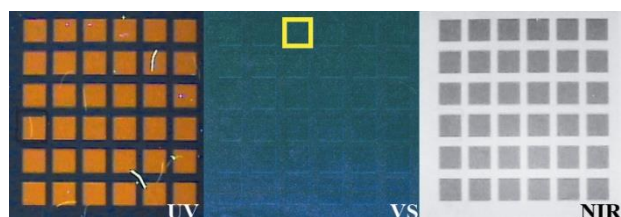
jasno su vidljive golim okom (slike od 9.2 do 9.6). Isti uzorci boje skenirani valnom duljinom od 1000 nm nemaju razlike u tonovima sive boje. Zato je Z faktor kod svih uzoraka jednak i iznosi 38% (tablice 9.6, 9.7, 9.8 i 9.9).

### 9.2.2. Stanje $X_0$ i stanje $X_{40}$ otisaka s ofsetnim bojilima $CMYF_n$

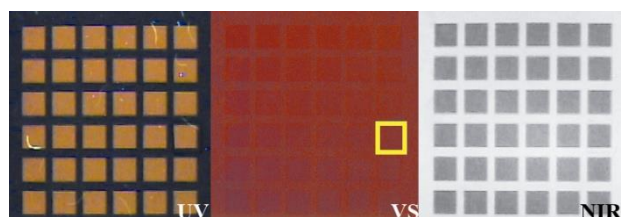
Registriranje skrivene slike omogućuje uređaj za barijerno skeniranje Projectina Docubox, koji ujedno osigurava UV i NIR snimku slike s otiska, odnosno F i Z stanja koja su mjerljiva. F stanje je fluorescentno stanje slike i mjeri se iz barijerno skeniranog otiska. F i Z vrijednosti skrivene slike skeniranog otiska mjerljive su u Adobe Photoshop programu i izražene su CIELab mjernim jedinicama.

Tablica 9.8. Stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  boja blizanaca, bojila  $CMYF_n$ , papir zaštićeni Mould

Boja	Stanje bojila	Vrijednosti bojila	Max. Z vrijednost %	$\lambda=1000$ nm	$\lambda=365$ nm
9 Tirkiz 	Stanje $X_0$	$C_{99}M_{43}Y_{40}$	0%	Nevidljivo	Nema efekta fluorescencije
	Stanje $X_{40}$	$C_{83}M_8Y_{18}F_{40}$	38%	Siva	Fluorescentna narančasta
30 Malina 	Stanje $X_0$	$C_{43}M_{99}Y_{39}$	0%	Nevidljivo	Nema efekta fluorescencije
	Stanje $X_{40}$	$C_{22}M_{79}Y_{14}F_{40}$	38%	Siva	Fluorescentna narančasta

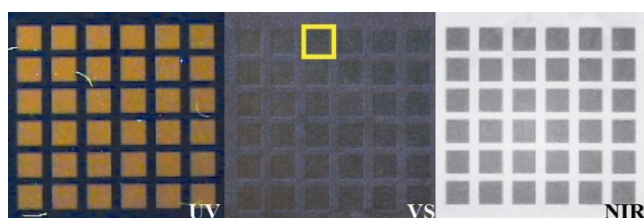


Slika 9.7. Barijerno skeniran otisak odabrane boje Tirkiz, bojila  $CMYF_n$ , papir zaštićeni Molud

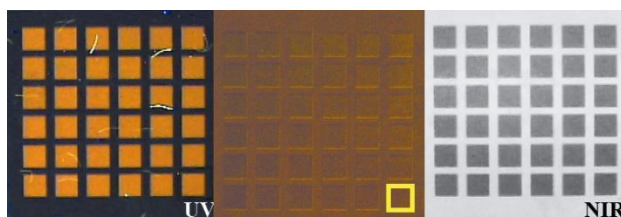


Slika 9.8. Barijerno skeniran otisak odabrane boje Lisica, bojila  $CMYF_n$ , papir zaštićeni Molud

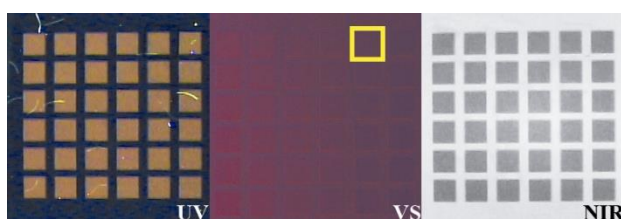




Slika 9.9. Barijerno skeniran otisak odabrane boje Tamno siva, bojila CMYF<sub>n</sub>, papir zaštićeni Molud



Slika 9.10. Barijerno skeniran otisak odabrane boje Pšenica, bojila CMYF<sub>n</sub>, papir zaštićeni Molud



Slika 9.11. Barijerno skeniran otisak odabrane boje Malina, bojila CMYF<sub>n</sub>, papir zaštićeni Molud

Tablica 9.9. Kolorimetrijska vrijednost odabranih uzoraka boja, stanja UV i IR, bojila CMYF<sub>n</sub>, papir zaštićeni Molud, profil boje Swop

Boja	365 nm		1000 nm
	CIELab	RGB	Z %
9. Tirkiz	58	208,114,35	38
	34		
	57		
12. Lisica	59	185,130,57	38
	17		
	47		
15. Tamno siva	59	185,132,57	38
	16		
	47		
22. Pšenica	66	227,137,25	38
	30		
	67		
30. Malina	57	162,130,82	38
	8		
	31		

Uređajem Projectina Docubox forenzic system PIA 6000 skenirani su valnim duljinama od 365 nm i 1000 nm otisci skupa od 36 kvadratića među kojima je odabrani uzorak s najnižim utvrđenim  $\Delta E$ . Pod utjecajem UV svjetla svi kvadratići različitih tonova boje otisnuti s CMYF<sub>n</sub> bojilima fluoresciraju u narančastu. Tonovi fluorescentne narančaste, kao i kod fluorescentne zelene razlikuju se za svaku boju. Utvrđeno je, kao i kod F<sub>z</sub> bojila; što su razlike među bojama u V spektru veće, veća je i razlika u tonovima odabranih uzoraka fluorescentne narančaste (slike 9.7 do 9.11). Primjer za to su razlike između boje 9. Tirkiz i boje 12. Lisica. Boja 9. Tirkiz (slika 9.7), skenirana valnom duljinom od 365 nm ima vrijednost odabranog uzorka u narančastoj fluorescenciji CIELab: 58,34,57. Boja 12. Lisica (slika 9.8), skenirana valnom duljinom od 365 nm ima vrijednost odabranog narančastog fluorescentnog kvadratića CIELab: 59,17,47. Razlike u uzorcima tona fluorescentne narančaste prikazane su na slikama od 9.7. do 9.11.. Isti uzorci boje skenirani s valnom duljinom od 1000 nm nemaju razlike u tonovima boje. Z faktor je kod svih otisnutih uzoraka sa F bojilima na zaštićenom papiru Mould jednak i iznosi 38%.

Utvrđen je utjecaj bojila cijana, magente i žute na sliku u UV području. Različiti nanosi svakog pojedinog procesnog bojila utječu na fluorescenciju F bojila u slici koja se otkriva barijernim skeniranjem valnom duljinom od 365 nm, te su zato pojedini kvadratići tamniji ili svjetliji iako je Z faktor isti.

## 10. PROJEKTIRANJE I IZRADA ZAŠTITNIH F/Z GRAFIKA

Grafika F/Z se prepoznaje instrumentalno u UV području s valnom duljinom od 365 nm (F stanje) i u NIR području s valnom duljinom od 1000 nm (Z veličina materije boje). Dvije različite grafike međusobno su povezane i otisnute unutar iste forme. Vidljivost u UV i u NIR nisu jednake, već ovise o valnim duljinama skeniranja. Na 800 nm gubi se utjecaj žutog bojila; na 750 nm gubi se utjecaj cijan bojila, dok na 1000 nm dolazi do potpunog raščlanjivanja utjecaja procesnih CMY bojila. Razvijen je UV i IR dizajn sa trima stanjima prepoznavanja i skrivanja grafike pomoću različitih tonova boje. Pod tonom boje podrazumijeva se doživljaj boje u vidljivom spektru gledan golim okom. Otisci barijerno skenirani valnom duljinom od 1000 nm otkrivaju crno bijelu sliku sa sivom skalom tonova. Okolina F/Z grafike izvodi se s cijan, magentom i žutom bojom koje nemaju UV i IR karakteristike. Na taj se način skriva F/Z grafika kao samostalna u V spektru. CMY bojila zajedno mogu tvoriti nezavisnu grafiku u V spektru; jednotonsku ili smišljeno višebojnu dizajniranu s CMY komponentama.

F/Z grafike su pripremljene za bojilo  $F_z$  koje fluorescira u zelenu. Boje koje su korištene u kreiranju slika utvrđene su iteracijom  $X_0$ ,  $X_{40}$  za zaštićeni papir Mould (tablica 9.1., poglavlje 9.1)

Ova radnja na novi način pristupa zajedništvu vektorske i piksel grafike. Utvrđene su vrste bojila, vrste repromaterijala i ofsetni strojevi za tisak. Te varijable bile su osnova za izračun formule za F bojilo. Izmjerene kombinacije vrijednosti boja ugrađene su u grafike koje će se vidjeti na otisku u vidljivom spektru.

Do sada nitko nije kreirao grafike koje istovremeno nose UV i IR svojstva na istom elementu slike s ciljano velikim brojem boja blizanaca.

Korištene su osnovne inicijalne vektorske grafike kreirane samo za ovaj rad i crno bijele fotografije: Crkve sv. Marka, Umjetničkog paviljona, Dioklecijanove palače, Hrvatskog narodnog kazališta u Zagrebu. Cilj svih ilustracija je skriti F i Z stanje u V sliku. Sve grafike su realizirane sa fluorescentnim bojilom  $F_z$  koje se odaziva u UV, V i NIR spektru.

Računarskom grafikom obrađene su dvije slike koje su spojene u jednu, tako da se slike međusobno skrivaju. Slika računarske grafike *Izložba* (slika 10.1) koja je vidljiva u vizualnom spektru pripremljena je u vektorskom programu. Apstraktna slika računarske vektorske grafike postavljena je preko crno bijele fotografije Umjetničkog paviljona. Tipično kod vektorske grafike *Izložba* jest razdvajanje većih površina istog tona. Zbog toga se svaki ton u V spektru postiže sa „blizancima boja“. To znači da slika *Izložba* ima stanje koje nema F bojila i stanje koje ima maksimalno F bojila na istom elementu slike koji gledan golim okom daje identičan ton boje. Fotografija Umjetničkog paviljona otkriva se instrumentalnim skeniranjem pri valnim duljinama od 365 nm i 1000 nm.

U infracrvenom području kod barijernog skeniranja s valnom duljinom od 1000 nm nema utjecaja boja sa slike iz vidljivog spektra (slika 10.3). Kod valne duljine od 780 nm takav utjecaj ima cijan boja koja se na toj valnoj duljini preklapa sa IR komponentom. Pojedine količine CMY bojila različito djeluju na odazivanje F boje pri 365 nm (slika 10.2), te su pojedini dijelovi slike tamniji ili svjetliji iako je Z faktor isti i iznosi 38%. Zbog toga grafike F/Z nisu jednakog kontrasta u UV i NIR.

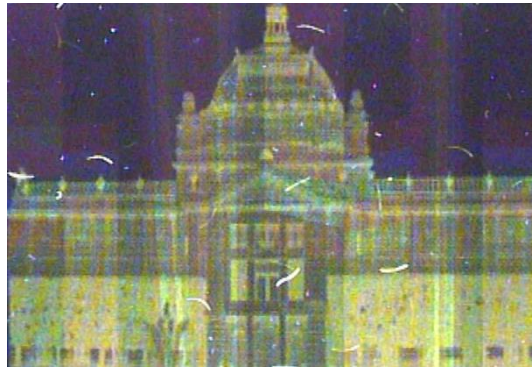
U tablici 10.1. prikazane su ulazne vrijednosti boja koje su korištene u ofsetnom tisku s CMYF bojilima na zaštićenom papiru Mould za tisak apstraktne grafike *Izložba*.

*Tablica 10.1. Početna stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  za apstraktnu grafiku *Izložba*, profil boje Swop*

Red. br. boje	Boja	$X_0$ , CMY	$X_{40}$ , CMYF
6	Bor	86,82,85	67,59,65,40
7	Drvo	74,80,95	52,61,78,40
12	Lisica	43,99,99	15,78,65,40
15	Tamno siva	70,56,36	56,33,4,40
17	Zelena	80,32,75	68,5,56,40
19	Kuna	30,76,77	5,66,60,40
21	Trava	50,38,99	33,14,80,40
24	Smreka	50,58,99	31,44,83,40
29	Čoko	43,79,99	19,67,63,40
31	Kesten	43,99,59	16,76,39,40



Slika 10.1.a. Računarska apstraktna grafika *Izložba*, koja u sebi ima skrivenu sliku Umjetničkog paviljona sa sadržajem bojila UV, V i NIR spektra (original u prilogu)



Slika 10.1.b. Ciljano projektirana slika Umjetničkog paviljona, skrivena u grafici *Izložba* i detektirana u UV spektru sa 365 nm



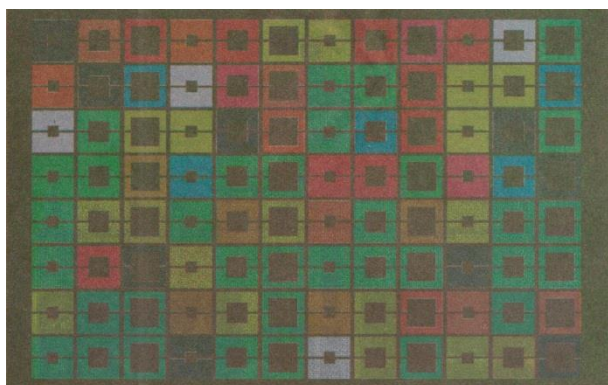
Slika 10.1.c. Ciljano projektirana slika Umjetničkog paviljona, skrivena u grafici *Izložba* i detektirana u NIR spektru sa 1000 nm

Fotografija Umjetničkog paviljona otkrivena je barijernim skeniranjem valnom duljinom od 365 nm u UV spektru (slika 10.1.b) i valnom duljinom od 1000 nm u NIR spektru (slika 10.1C). Otisak slike računarske grafike *Izložba* izložen UV zračenju otkriva utjecaj različitih tonova boje na grafici iz vidljivog spektra sa slike Umjetničkog paviljona. Što je veći broj različitih tonova boja na slici u vidljivom spektru biti će i veći utjecaj CMY bojila na skenirani otisak slike u UV području. Ako je broj tonova boje na slici u vidljivom spektru mali i ako su male vrijednosti cijana, magente i žute; tada će i utjecaj CMY bojila na sliku u ultraljubičastom području biti manji. Otisci iz ofsetnog tiska rađeni na zaštićenom papiru Mould s računarskim grafikama u bojama (slike 10.1.a i 10.2.a) izloženi elektromagnetskom zračenju od 1000 nm daju jednak rezultat. Dobivene su crno bijele fotografije Umjetničkog paviljona među kojima nema razlike (slike 10.1.c i 10.2.c). Kod otiska skeniranog u NIR području na slici 10.1.c. probijaju se obrisi vodenog znaka sa zaštićenog papira Mould. Vodeni znak je vidljiv na gornjem desnom dijelu slike i u srednjem lijevom dijelu slike.

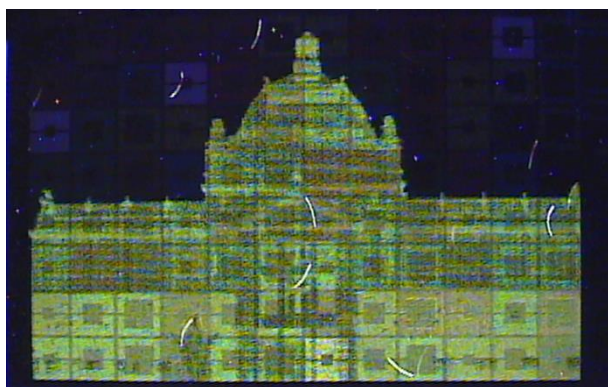
U tablici 10.2. prikazane su ulazne vrijednosti boja koje su korištene u ofsetnom tisku s CMYF bojilima na zaštićenom papiru Mould za tisak apstraktne grafike *Logo*.

*Tablica 10.2. Početna stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  za apstraktnu grafiku *Logo*, profil boje Swop*

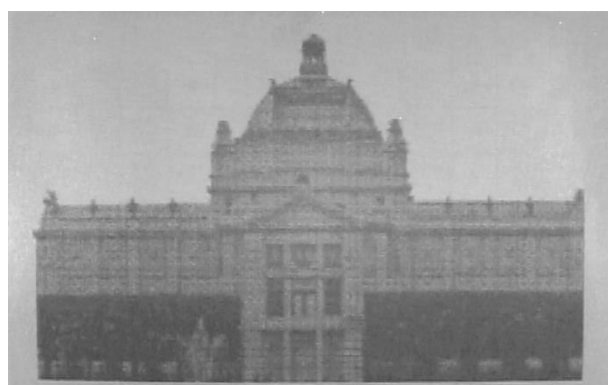
Red. br. boje	Boja	$X_0$ , CMY	$X_{40}$ , CMYF
7	Drvo	74,80,95	52,61,78,40
9	Tirkiz	99,43,40	85,10,16,40
16	Svjetlo siva	45,40,30	28,16,0,40
17	Zelena	80,32,75	68,5,56,40
21	Trava	50,38,99	33,14,80,40
24	Smreka	50,58,99	31,44,83,40
27	Noć	80,80,80	65,59,62,40
29	Čoko	43,79,99	19,67,63,40
31	Kesten	43,99,59	16,76,39,40
32	Lješnjak	43,99,79	18,76,56,40



Slika 10.2.a. Računarska apstraktna grafika *Logo* koja u sebi ima skrivenu sliku Umjetničkog paviljona sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar (original u prilogu)

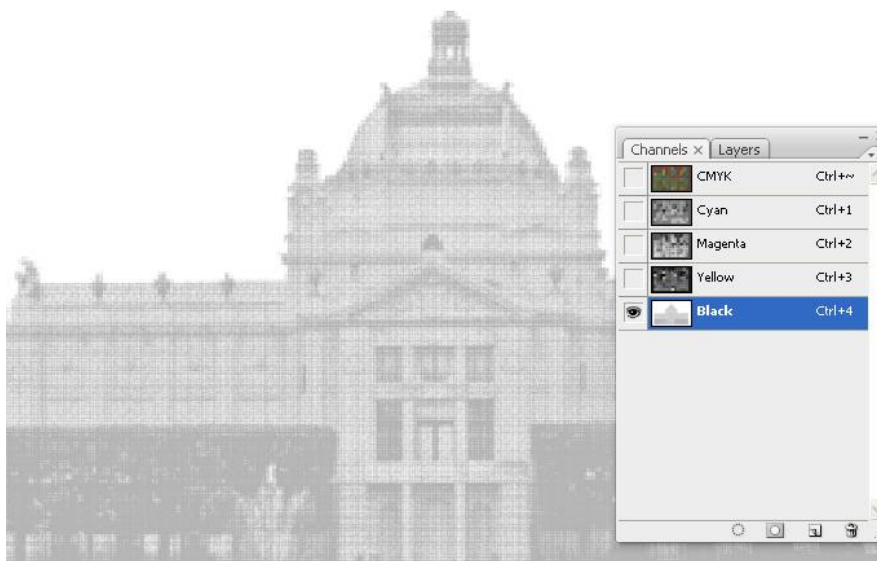


Slika 10.2.b. Ciljano projektirana slika Umjetničkog paviljona, skrivena u grafici *Logo* i detektirana u UV spektru sa 365 nm

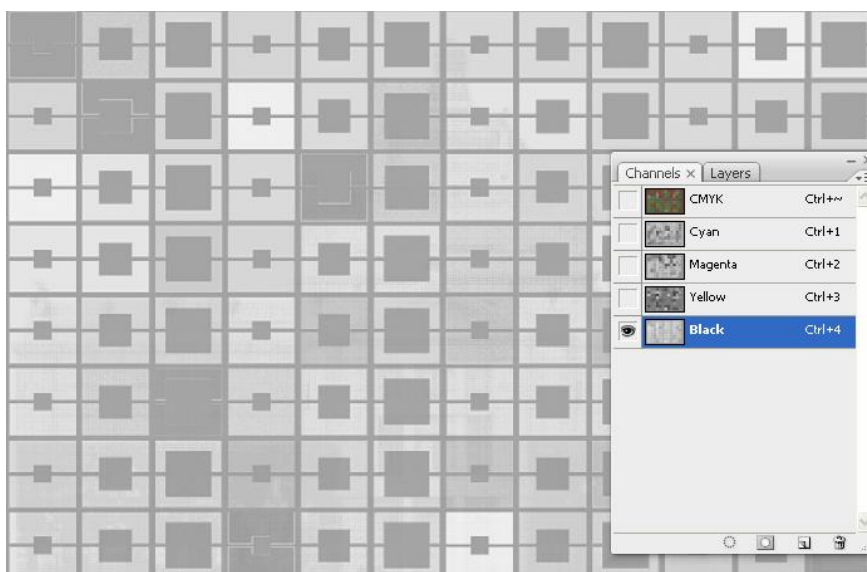


Slika 10.2.c. Ciljano projektirana slika Umjetničkog paviljona, skrivena u grafici *Logo* i detektirana u NIR spektru sa 1000 nm

Crno bijela fotografija Umjetničkog paviljona u Zagrebu spaja se s šarenom grafikom pomoću CMYF separacije. Pri tome se fotografija Umjetničkog paviljona skriva u šarenoj grafici *Logo* vidljivoj na dnevnom svjetlu (slika 10.2.a). Fotografija Umjetničkog paviljona otkriva se instrumentalnim skeniranjem pri valnim duljinama od 365 i 1000 nm (slike 10.2.b i 10.2.c). Otisak računarske grafike 10.2.a. *Logo* koja se vidi golim okom u vidljivom spektru izvedena je s logotipom Umjetničkog paviljona u Zagrebu. Logotip je u različitim bojama i ponavlja se preko cijele površine slike. U pozadini slike skriven je Umjetnički paviljon koji se otkriva instrumentalno. Te dvije slike su smišljeno povezane u jednu cjelinu.



Slika 10.3. Kanal F boje iz originalne slike Umjetničkog paviljona, izvor: Adobe Photoshop



Slika 10.4. Kanal F boje nakon transferiranja originala iz CMYK u RGB, iz RGB u CMYK



Originalna slika *Logo* ima 4 kanala boja koja predstavljaju četiri osnovna procesna bojila. Kreiranjem grafika F/Z, procesno bojilo K zamijenjeno je sa fluorescentnim ultraljubičastim bojilom F. Originalna slika je pripremljena separacijom za F bojilo, te je slika u kanalu K jednaka onoj koja će se na otisku otkriti barijernim skeniranjem. Na slici 10.3. prikazan je kanal F koji je uvećan, tako da se vide detalji poput kreiranog rastera koji se koristi u zaštiti dokumenata [40]. Dizajn rastera provodi se u Postscript programu matematičkim veličinama s brojevima koji se mogu proizvoljno odabrati. Baš zbog tog slučajnog brojčanog odabira, rastere je gotovo nemoguće ponoviti, pa se stoga ugrađuju kroz slike kao dodatna zaštita dokumenata. Na taj način dolazi se do nebrojivih rješenja rasterskih oblika što uključuje i odabir linijature i kuta rastriranja.

Ako se originalna slika iz CMYF sustava transferira u RGB sustav, te se vrati u CMYF sustav, izgubiti će se svi elementi iz kanala F. Detalji koji su izgubljeni prikazani su na slici 10.4.. Detalji iz ostalih kanala cijana, magente i žute umiješali su se u kanal F. Takva slika je neupotrebljiva za ofsetni sigurnosni tisak F/Z grafika. Njezinom reprodukcijom dobio bi se otisak koji nema skrivene slike u dva različita spektra.

U tablici 10.3. prikazane su ulazne vrijednosti boja koje su korištene u ofsetnom tisku s CMYF bojilima na zaštićenom papiru Mould za tisak apstraktne grafike *Gradec*.

*Tablica 10.3. Početna stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  za apstraktnu grafiku Gradec, profil boje Swop*

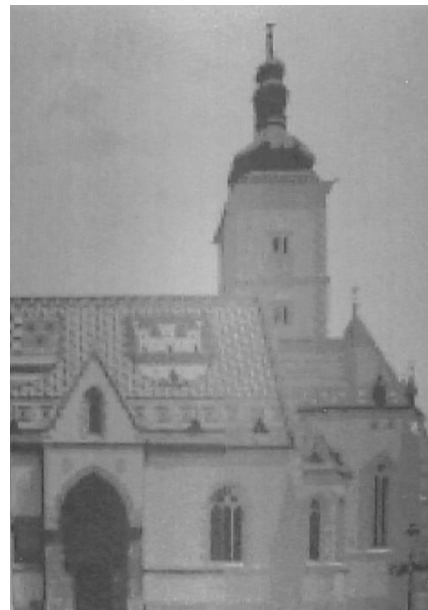
Red. br. boje	Boja	$X_0$ , CMY	$X_{40}$ , CMYF
9	Tirkiz	99,43,40	85,10,16,40
13	Magenta	44,92,38	24,79,14,40
16	Svjetlo siva	45,40,30	28,16,0,40
17	Zelena	80,32,75	68,5,56,40
21	Trava	50,38,99	33,14,80,40
31	Kesten	43,99,59	16,76,39,40
32	Lješnjak	43,99,79	18,76,56,40



Slika 10.5.a. Računarska apstraktna grafika *Gradec*, koja u sebi ima skrivenu sliku Crkve sv. Marka sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar (original u prilogu)



10.5.b. Crkva Sv. Marka, skrivena slika u grafici *Gradec*, UV spektar, 365 nm



10.5.c. Crkva Sv. Marka, skrivena slika u grafici *Gradec*, NIR spektar, 1000 nm

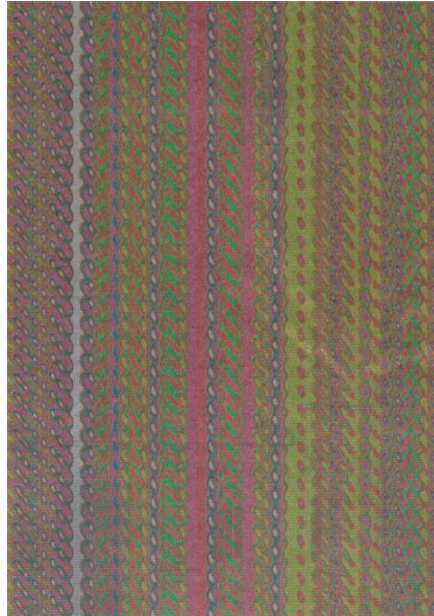
Računarske grafike na slikama 10.5.a. *Gradec* i 10.6.a. *Uspinjača* skrivaju fotografije Crkve sv. Marka. Tonovi boje na grafikama *Gradec* i *Uspinjača* su gotovo isti gledajući grafiku s lijeva na desno. Razliku čini promjena parametara iscrtavanja vektorske grafike i rezolucije

slika u V području. Tako je na krivuljama u slici 10.6.a. *Uspinjača* stvoren efekt koji je linije krivulja pretvorio u oblik sličan izgledu konopa različitih boja sa istaknutim svijetlim tonovima u obliku uokvirenih elemenata koji se nalaze uzduž rubova konopa. Otisci grafika *Gradec* i *Uspinjača* skenirani valnom duljinom od 365 nm otkrivaju razlike na slikama Crkve sv. Marka. Na slici 10.5.b. u UV području vidi se utjecaj svih boja iz krivulja grafike u V spektru koje se preslikavaju u prepoznatljivom obliku. Na slici 10.6.b. Crkva sv. Marka u UV području ima prepoznatljive krivulje iz sivog, crvenog i zelenog tona, jer su im površine preuzete iz vidljivog spektra znatno veće; dok se sve ostale krivulje znatno manje preslikavaju na sliku crkve. Ovaj primjer pokazuje da postoji znatan utjecaj CMY bojila sa otiska iz vidljivog spektra na sliku u ultraljubičastom spektru. Taj utjecaj CMY bojila na UV stanje pokazuju svi primjeri barijerno skeniranih otisaka. Skeniranjem otisaka grafika *Gradec* i *Uspinjača* u NIR spektru dobivene su crno bijele fotografije Crkve sv. Marka (slike 10.5.c i 10.6.c). Među tim barijerno skeniranim slikama valnom duljinom od 1000 nm nisu utvrđene razlike. One su identične u bliskom infracrvenom spektru. Utvrđeno je da najmanja promjena tona boje cijana, magente i žute kod grafika u vidljivom spektru utječe na prikaz slike u UV spektru, dok na prikaz slike u NIR spektru nema takvog utjecaja.

U tablici 10.4. prikazane su ulazne vrijednosti boja koje su korištene u ofsetnom tisku s CMYF bojilima na zaštićenom papiru Mould za tisak apstraktne grafike *Uspinjača*.

Tablica 10.4. Početna stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  za apstraktnu grafiku *Uspinjača*, profil boje *Swop*

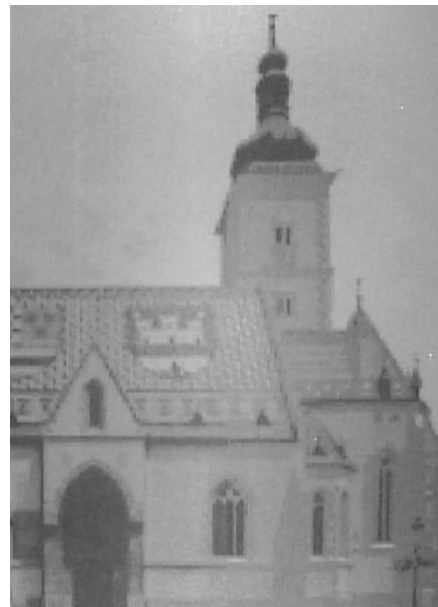
Red. br. boje	Boja	$X_0$ , CMY	$X_{40}$ , CMYF
9	Tirkiz	99,43,40	85,10,16,40
13	Magenta	44,92,38	24,79,14,40
16	Svjetlo siva	45,40,30	28,16,0,40
17	Zelena	80,32,75	68,5,56,40
21	Trava	50,38,99	33,14,80,40
27	Noć	80,80,80	65,59,62,40
29	Čoko	43,79,99	19,67,63,40
31	Kesten	43,99,59	16,76,39,40
32	Lješnjak	43,99,79	18,76,56,40



Slika 10.6.a. Računarska apstraktna grafika *Uspinjača*, koja u sebi ima skrivenu sliku Crkve sv. Marka sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar (original u prilogu)



10.6.b. Crkva Sv. Marka, skrivena slika u grafici *Uspinjača*, UV spektar, 365 nm



10.6.c. Crkva Sv. Marka, skrivena slika u grafici *Uspinjača*, NIR spektar, 1000 nm

Kao i kod svih dosad prikazanih F/Z grafika u vidljivom spektru se koristi veći broj boja kako bi se zavaralo ljudsko oko. Ovim istraživanjem utvrđeno je da je u ofsetnom tisku vrlo zahtjevno održavati kvalitetu koju traže F/Z grafike. Potrebna su vizualna poklapanja tonova

koji imaju izmjerenu razliku u boji  $\Delta E$  manju od dva. Veliki je broj varijabli koje utječu na kvalitetu ofsetnog tiska, te i najmanji utjecaj samo jedne od varijabli može rezultirati većim razlikama u boji koje su ljudskom oku primjetne.

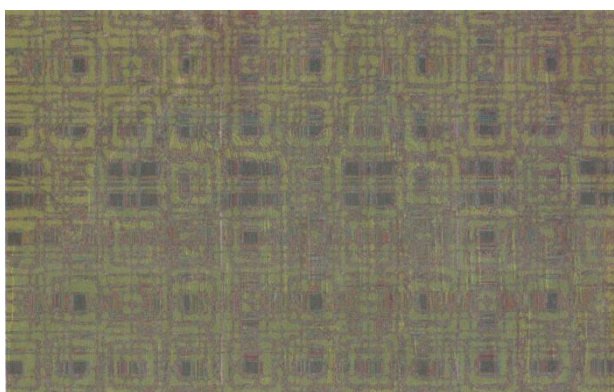
Računarskom grafikom obrađene su dvije slike koje su CMYF separacijom spojene u jednu sliku. Prvu sliku čini apstraktna grafika *Scena* (slika 10.7.a), a druga slika je crno bijela fotografija Hrvatskog narodnog kazališta u Zagrebu (slika 10.7.c).

Apstraktna grafika *Scena* ulazi u proces spajanja kao crno bijela grafika kojoj se dodjeljuju odabrane kombinacije cijana, magente i žute iz definiranih boja blizanaca stanja  $X_0$  prema tablici 10.5.. Početna crno bijela fotografija *HNK* ulazi u kanal F, gdje poprima maksimalnu vrijednost od 40%. Algoritmom računarske grafike te dvije slike spajaju se u jednu. Pikseli iz triju kanala: cijana, magente i žute (slika *Scena*, stanje  $X_0$ ) na mjestima preklapanja sa slikom *HNK* preuzimaju piksele iz kanala F mijenjajući pri tome svoje vrijednosti prema izračunatim stanjima boja blizanaca  $X_{40}$ . Na tim mjestima preklapanja slike *HNK* (kanal F) sa slikom *Scena* (kanali: C, M, Y) boja Tirkiz koja ima stanje  $X_0$ , CMY=99,43,40, prelazi u stanje  $X_{40}$ , CMYF=85,10,16,40. Tako se kod boje Tirkiz kanal cijan s 99% na mjestima preklapanja smanjuje na 85% (tablica 10.5). Spajanjem prve slike iz tri kanala CMY s drugom slikom iz kanala F, na mjestima gdje nema preklapanja s pikselima iz kanala F vrijednosti boja cijana, magente i žute ostaju u stanju  $X_0$ . Na mjestima gdje se nalaze pikseli u kanalu F prva slika iz stanja  $X_0$  prelazi u stanje  $X_{40}$  prema definiranim vrijednostima boja blizanaca.

U tablici 10.5. prikazane su ulazne vrijednosti boja koje su korištene u ofsetnom tisku s CMYF bojilima na zaštićenom papiru Mould za tisak apstraktne grafike *Scena*.

*Tablica 10.5. Početna stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  za apstraktnu grafiku *Scena*,  
prrofíl boje Swop*

Red. br. boje	Boja	$X_0$ , CMY	$X_{40}$ , CMYF
9	Tirkiz	99,43,40	85,10,16,40
17	Zelena	80,32,75	68,5,56,40
21	Trava	50,38,99	33,14,80,40
24	Smreka	50,58,99	31,44,83,40
27	Noć	80,80,80	65,59,62,40
30	Malina	43,99,39	16,79,14,40
31	Kesten	43,99,59	16,76,39,40
32	Lješnjak	43,99,79	18,76,56,40



Slika 10.7.a. Računarska apstraktna grafika *Scena*, koja u sebi ima skrivenu sliku Hrvatskog narodnog kazališta sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar (original u prilogu)



Slika 10.7.b. Ciljano projektirana slika Hrvatskog narodnog kazališta u Zagrebu, skrivena u grafici *Scena* i detektirana u UV spektru sa 365 nm



Slika 10.7.c. Ciljano projektirana slika Hrvatskog narodnog kazališta u Zagrebu, skrivena u grafici *Scena* i detektirana u NIR spektru sa 1000 nm

Primjer računarske grafike *Scena* u V spektru ima dominantan zeleni ton preko čitave površine slike. Zato se na otisku skeniranom valnom duljinom od 365 nm vidi manji utjecaj CMY bojila u UV prostoru (slika 10.7.b). Apstraktna grafika je tipična u zaštiti dokumenata, te se koristi kao podloga na koju se dodaju figurativni elementi. Tako se dobiva spoj apstrakcije i figuracije u jednoj slici. Utvrđeno je da IR spektar potpuno čisto opisuje grafiku, dok kod UV spektra ovisi o udjelu CMY bojila sa slike iz V područja. U ovisnosti o jačini nanosa svakog pojedinog procesnog bojila taj utjecaj na F grafiku može biti veći ili manji.

U sljedećim otisnutim primjerima biti će prikazane tri različite grafike koje u sebi skrivaju istu crno bijelu fotografiju Dioklecijanove palače. Grafike se redom zovu: *Riva*, *Varoš* i *Prokurative*.

U tablici 10.6. prikazane su ulazne vrijednosti boja koje su korištene u ofsetnom tisku s CMYF bojilima na zaštićenom papiru Mould za tisak apstraktne grafike *Riva*.

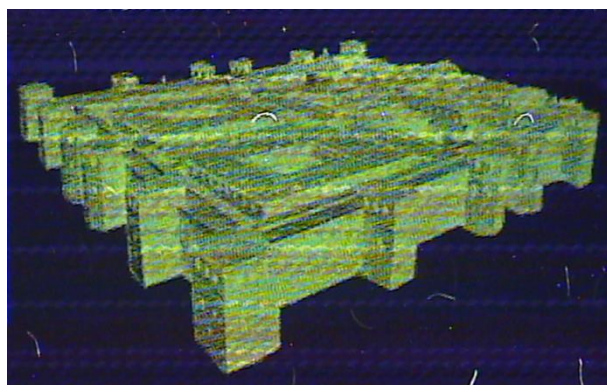
*Tablica 10.6. Početna stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  za apstraktnu grafiku Riva, profil boje Swop*

Red. br. boje	Boja	$X_0$ , CMY	$X_{40}$ , CMYF
9	Tirkiz	99,43,40	85,10,16,40
13	Magenta	44,92,38	24,79,14,40
16	Svjetlo siva	45,40,30	28,16,0,40
17	Zelena	80,32,75	68,5,56,40
24	Smreka	50,58,99	31,44,83,40
27	Noć	80,80,80	65,59,62,40
29	Čoko	43,79,99	19,67,63,40
31	Kesten	43,99,59	16,76,39,40

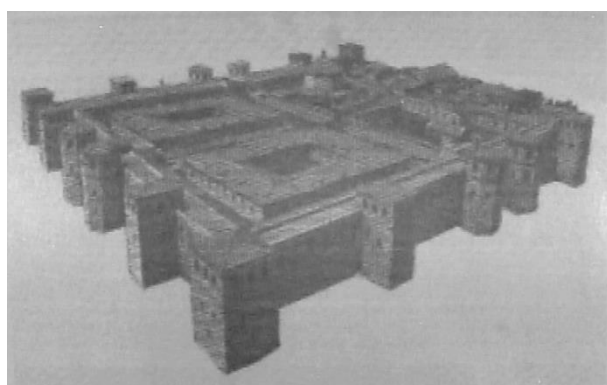




Slika 10.8.a. Računarska apstraktna grafika *Riva*, koja u sebi ima skrivenu sliku Dioklecijanove palače sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar (original u prilogu)



Slika 10.8.b. Ciljano projektirana slika Dioklecijanove palače, skrivena u grafici *Riva* i detektirana u UV spektru sa 365 nm



Slika 10.8.c. Ciljano projektirana slika Dioklecijanove palače, skrivena u grafici *Riva* i detektirana u NIR spektru sa 1000 nm

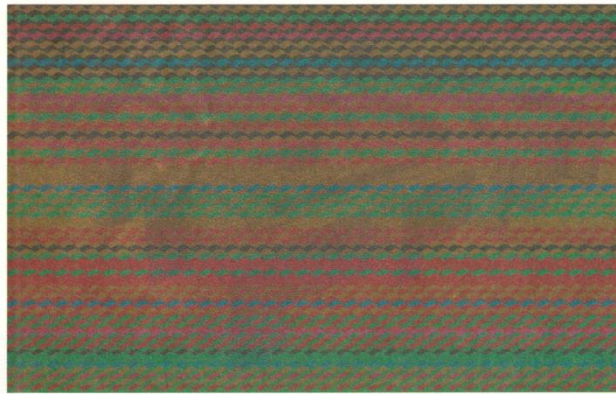


Višebojna apstraktna grafika *Riva* (slika 10.8.a) kreirana je u vektorskom programu. Tako kreirana vektorska grafika ulazi u piksel program, gdje joj se dodjeljuje siva skala tonova. Druga slika je crno bijela fotografija Dioklecijanove palače. Te dvije slike ulaze u proces CMYF separacije kako bi se spojile u jednu sliku. Pri tome se grafici *Riva* dodjeljuju odabrane boje blizanci koje su kreirane iz CMY ( $X_0$ ). Crno bijela fotografija Dioklecijanove palače ulazi u F kanal uvjetujući ili prihvaćanje ili zamjenu svakog pojedinog piksela iz cijan, magenta i žutog kanala iz grafike *Riva*. Crno bijela fotografija Dioklecijanove palače, prihvaća CMY boje grafike *Riva* samo na mjestima gdje nema utjecaja F boje iz kanala F. Takve pozicije su u kanalu F prazne, bez piksela, te se u kanalu F vide kao bijela pozadina oko Dioklecijanove palače. Pozicije svakog pojedinog piksela u kanalu F (Dioklecijanova palača) uvjetovat će zamjenu svakog pojedinog piksela grafike *Riva* kroz kanale: cijan, magenta i žuta; zamjenjujući ih s CYMF odabranim bojama blizancima kroz sva četiri kanala. Ta zamjena se odvija po unaprijed izračunatim definicijama svakog zadanog tona boje prve slike prema tablici 10.6.. Zamjena se odvija prema utvrđenim stanjima  $X_0$  i  $X_{40}$  čiji tonovi boje se u potpunosti poklapaju u V spektru. U vidljivom spektru se vide različiti elementi u obliku horizontalno postavljenih krivulja osam izabranih boja za sliku 10.8.a. *Riva* i sedam izabranih boja za sliku 10.9.a. *Varoš*.

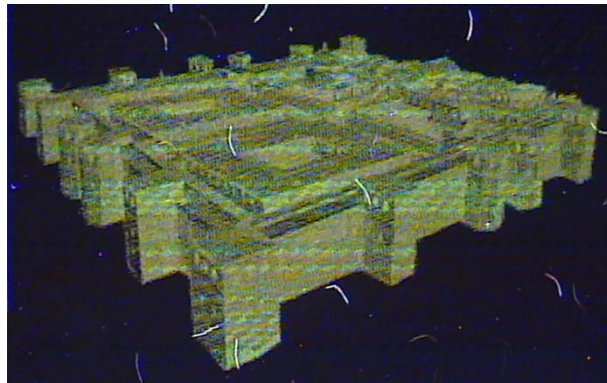
U tablici 10.7. prikazane su ulazne vrijednosti boja koje su korištene u ofsetnom tisku sa CMYF bojilima na zaštićenom papiru Mould za tisak apstraktne grafike *Varoš*.

*Tablica 10.7. Početna stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  za apstraktnu grafiku *Varoš*,  
profil boje Swop*

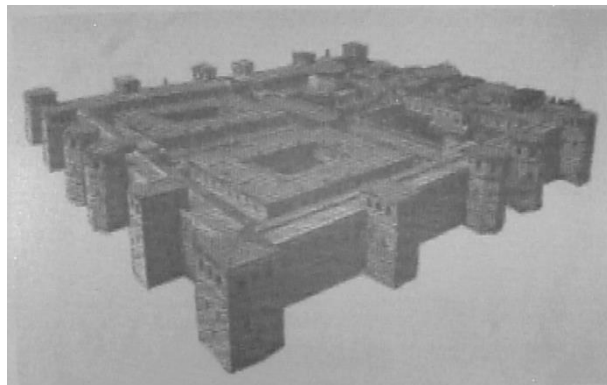
Red. br. boje	Boja	$X_0$ , CMY	$X_{40}$ , CMYF
9	Tirkiz	99,43,40	85,10,16,40
13	Magenta	44,92,38	24,79,14,40
17	Zelena	80,32,75	68,5,56,40
24	Smreka	50,58,99	31,44,83,40
27	Noć	80,80,80	65,59,62,40
31	Kesten	43,99,59	16,76,39,40
32	Lješnjak	43,99,79	18,76,56,40



Slika 10.9.a. Računarska apstraktna grafika *Varoš*, koja u sebi ima skrivenu sliku Dioklecijanove palače sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar (original u prilogu)



Slika 10.9.b. Ciljano projektirana slika Dioklecijanove palače, skrivena u grafici *Varoš* i detektirana u UV spektru sa 365 nm



Slika 10.9.c. Ciljano projektirana slika Dioklecijanove palače, skrivena u grafici *Varoš* i detektirana u NIR spektru sa 1000 nm

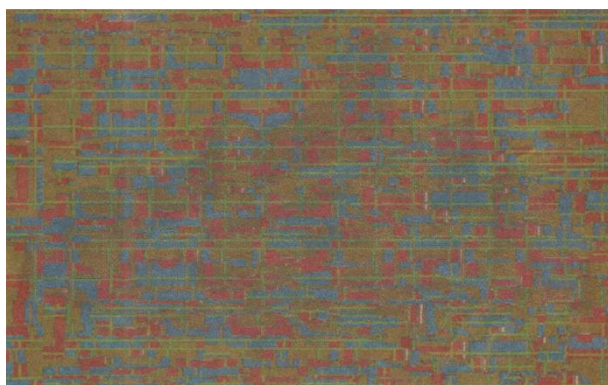
Kao i kod ostalih slika skeniranih valnom duljinom od 365 nm vidi se utjecaj procesnih bojila CMY na F grafiku (slike 10.8.b i 10.9.b). Kako su krivulje računarske grafike *Riva* i *Varoš* geometrijski jednake ali različitih boja, tako su i preslikane krivulje iz vidljivog spektra u ultraljubičasto područje geometrijski jednake, ali s tim različitim tonovima boja utječu na fluorescentnu sliku (F grafiku). Na slici 10.9.a. vidi se i probijanje tonova vodenog znaka iz zaštićenog papira Mould.

Treća računarska grafika *Prokurative* koja skriva fotografiju Dioklecijanove palače prikazana je na slici 10.10.a.. *Prokurative* je izrađena iz osam izabranih boja blizanaca (tablica 10.8). Te izabrane boje imale su najmanji  $\Delta E$  u iteracijama s  $F_z$  bojilom koje fluorescira u zelenu. Apstraktna grafika i crno bijela fotografija Dioklecijanove palače spojene su u jednu sliku algoritmom računarske grafike. Barijernim skeniranjem u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom području otkriva se fotografija Dioklecijanove palače (slika 10.10.b i 10.10.c).

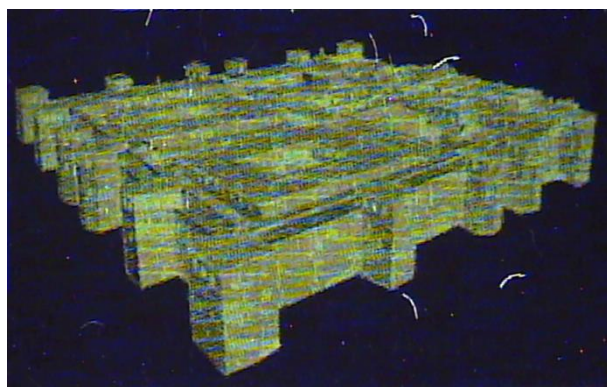
U tablici 10.8. prikazane su ulazne vrijednosti boja koje su korištene u ofsetnom tisku s CMYF bojilima na zaštićenom papiru Mould za tisak apstraktne grafike *Prokurative*.

Tablica 10.8. Početna stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  za apstraktnu grafiku *Prokurative*, profil boje Swop

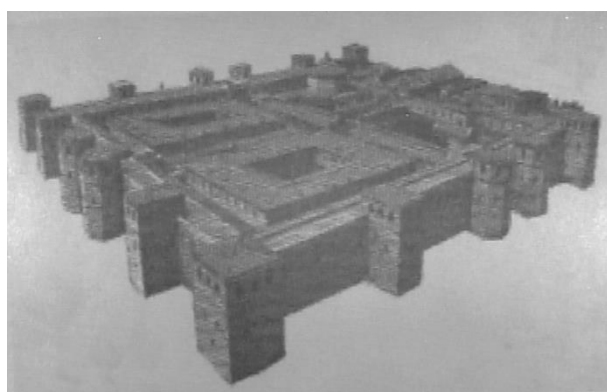
Red. br. boje	Boja	$X_0$ , CMY	$X_{40}$ , CMYF
1	Siva	33,33,33	6,6,0,40
9	Tirkiz	99,43,40	85,10,16,40
15	Tamno siva	70,56,36	56,33,4,40
17	Zelena	80,32,75	68,5,56,40
21	Trava	50,38,99	33,14,80,40
24	Smreka	50,58,99	31,44,83,40
27	Noć	80,80,80	65,59,62,40
32	Lješnjak	43,99,79	18,76,56,40



Slika 10.10.a. Računarska apstraktna grafika *Prokurative*, koja u sebi ima skrivenu sliku Dioklecijanove palače sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar (original u prilogu)



Slika 10.10.b. Ciljano projektirana slika Dioklecijanove palače, skrivena u grafici *Prokurative* i detektirana u UV spektru sa 365 nm



Slika 10.10.c. Ciljano projektirana slika Dioklecijanove palače, skrivena u grafici *Prokurative* i detektirana u NIR spektru sa 1000 nm

Otisci tri grafike *Riva*, *Varoš* i *Prokurative* u sebi skrivaju crno bijelu sliku Dioklecijanove palače. Zbog miješanja i utjecaja CMY bojila barijernim skeniranjem u UV prostoru utvrđena je modularnost slike Dioklecijanove palače, tako da intenzitet fluorescencije varira kroz različite nijanse zelenog odziva, iako F boja ima definiranu vrijednost od 40%. I ovdje postoji efekt utjecaja CMY komponenti na F grafiku. Utvrđeno je da to probijanje tonova boje iz slike pod utjecajem valne duljine od 365 nm uzrokuju različiti nanosi procesnih bojila cijana, magente i žute. Zaključeno je da jači nanos svakog pojedinog procesnog bojila C, M i Y uzrokuje intenzivniji utjecaj na sliku u UV području. Svi primjeri slika skeniranih UV zračenjem valnom duljinom od 365 nm to i dokazuju.

U prethodnim eksperimentima ovog istraživanja utvrđeno je da se tehnologijom ofsetnog tiska izuzetno teško postiže i održava kvaliteta koju zahtijevaju F/Z grafike. Iako je tolerancija razlike u bojama u ofsetnom tisku prema ISO 12647-2:2004,  $\Delta E$  od 4 do 5 za tisak reprodukcija, u radnji se koristi razlika u boji manja od 2 ( $\Delta E < 2$ ). Najznačajnija je vizualna procjena promatrača. Iz svih iteracija koje su napravljene sa stotinama različitih tonova boja, presudno je bilo ljudsko oko. Sve iteracije podvrgnute su višestrukim kolorimetrijskim mjerenjima s uređajem SpectroEye X-Rite i barijernom skeniranju uređajem Projectina Docubox u UV, V i NIR području. Za izradu F/Z grafika koriste se samo oni tonovi boja koji se vizualno podudaraju i kojima je izmjerena vrijednost razlike u boji manja od dva. Iako su takvi tonovi boje utvrđeni za  $F_n$  i  $F_z$  bojila, pokazalo se da najmanja pojedinost, kao što je minimalno odstupanje samo jedne od mnogobrojnih varijabli koje utječu na kvalitetu ofsetnog tiska; značajno utječe na skrivanje slike. Zato se za skrivanju slike u ofsetnom tisku koristi više boja, šarenilo koje vizualno zavarava promatrača.

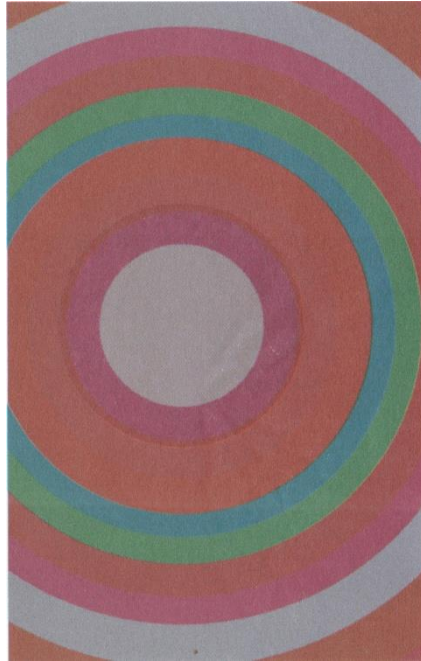
Grafika *Zalazak sunca* (slika 10.11.a) izvrstan je primjer koji pokazuje da veće površine jednoličnih tonova boja algoritamskim spajanjem slika CMYF separacijom uzrokuju jednoličan ton i u UV i NIR spektru. Nema finih prijelaza kao kod crno bijelih fotografija iz prethodnih primjera (Dioklecijanova palača, slika 10.10.c). Različiti tonovi boje početne slike koja će biti skrivena u V području uzrokuju i različite tonove boje u UV području. Početne slike prije spajanja su crno bijele. Ako postoji raznolikost kao kod ulaznih slika crno bijelih fotografija kao što su Dioklecijanova palača ili Crkva Sv. Marka, s finim prijelazima unutar sive skale s vrijednostima od 0%, 1%, 2%, .....do 100% tada će se CMYF separacijom ostvariti jednako fini prijelazi tonova sive skale u NIR području (gdje je zadana vrijednost  $F=40\%$ ). Ako su isti tonovi boje na većim površinama kao što je na grafici *Zalazak sunca*,

tada će takve površine algoritamskim spajanjem poprimiti maksimalno F bojila ili uopće neće (F=0).

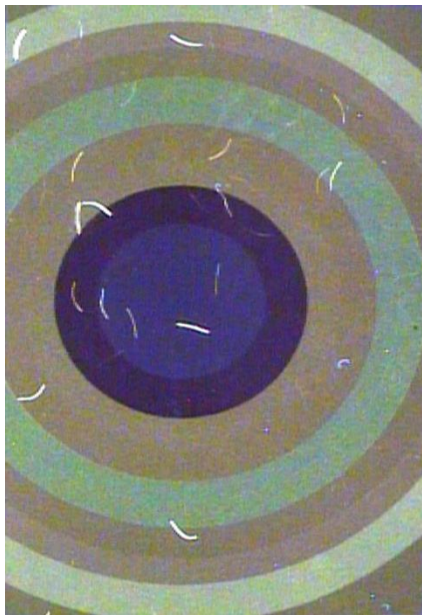
Kod grafike *Zalazak sunca* unutrašnji krug je u vidljivom spektru u boji broj 16 Svjetlo sivoj. Obruč oko sivog kruga je u boji broj 30 Malina i tanka ovojnica oko boje Malina je u boji broj 32 Lješnjak. Te tri boje, središnja tri elementa, nemaju odziv u UV i NIR spektru. Na centralnu kružnicu i prva dva obruča oko kružnice nije nanoseno F bojilo. Iako te tri boje u sebi ne sadrže F bojilo (tablica 10.9) na otisku su vizualno jednake bojama blizancima koje u sebi sadrže F bojilo. Tako je boja broj 32 Lješnjak nanosena na otisak na tri odvojena elementa: u drugom obruču bez F bojila, te u trećem i sedmom obruču s F bojilom. Te tri boje su na otisku vizualno jednake, ali imaju potpuno različitu apsorpciju svjetla u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom području. Treći obruč sa bojom Lješnjak nema odziv u UV i NIR području, te nema fluorescencije, a vrijednost Z je jednaka nuli. Na trećem obruču kao i na sedmom obruču boja Lješnjak ima jednak odziv u UV i NIR području (slike 10.11.b. i 10.11.c., tablica 10.9). Grafika *Zalazak sunca* je specifična zbog oštrog razdvajanja većih površina istog tona. Zbog tih oštrog vidljivih razdvajanja jasno se vide područja na otisku koja imaju maksimalno F bojila (F=40%) i područja koja nemaju F bojila (F=0%). Svi takvi tonovi koji se vizualno poklapaju sa stanjima  $X_0$  i  $X_{40}$  postižu se bojama blizancima.

Tablica 10.9. Početna stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  za apstraktnu grafiku *Zalazak sunca*, profil boje Swop

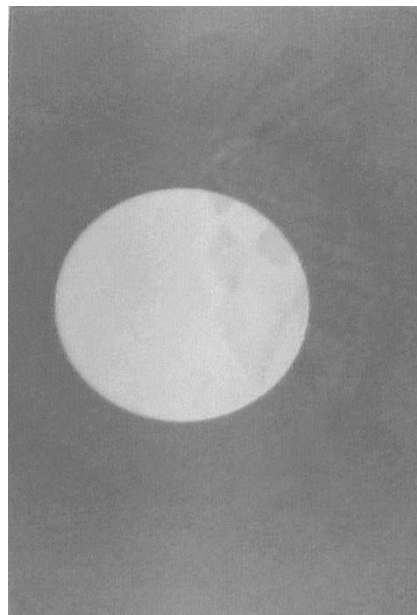
	Red. br. boje	Boja	$X_0$ , CMY	$X_{40}$ , CMYF	Fluorescencija
0. Kružnica	16	Svjetlo siva	45,40,30	-	Fluorescencija papira
1. Obruč	30	Malina	43,99,39	-	Fluorescencija papira
2. Obruč	32	Lješnjak	43,99,79	-	Fluorescencija papira
3. Obruč	32	Lješnjak	-	18,76,56,40	Fluorescencija u oker
4. Obruč	12	Lisica	-	15,78,65,40	Fluorescencija u oker
5. Obruč	9	Tirkiz	-	85,10,16,40	Fluorescencija u zelenu
6. Obruč	17	Zelena	-	68,5,56,40	Fluorescencija u zelenu
7. Obruč	32	Lješnjak	-	18,76,56,40	Fluorescencija u oker
8. Obruč	30	Malina	-	16,79,14,40	Fluorescencija u smeđu
9. Obruč	16	Svjetlo siva	-	28,16,0,40	Fluorescencija u zelenu
10. Obruč	29	Čoko	-	19,67,63,40	Fluorescencija u oker



Slika 10.11.a. Računarska grafika *Zalazak sunca*, koja u sebi ima sadržaj bojila za UV, V i NIR spektar (original u prilogu)



10.11.b. Barijerno skeniran otisak grafike *Zalazak sunca*, UV spektar, 365 nm



10.11.c. Barijerno skeniran otisak grafike *Zalazak sunca*, NIR spektar, 1000 nm

Instrumentalnim skeniranjem u UV području jasno se vidi utjecaj cijana magente i žute na fluorescenciju  $F$  bojila. Ako je boja kruga u vidljivom spektru smeđa, smeđoj teži i fluorescencija  $F_z$  bojila pri valnoj duljini od 365 nm (slika 10.11.b). Ako su boje u V spektru

zelene, tada F bojilo u UV spektru teži zelenoj fluorescenciji. Boja broj 16 Svjetlo siva na početnoj slici CMY na osmom obruču ima vrijednosti CMYF=28,16,0,40. Kod te boje se vidi najmanji utjecaj CMY bojila na fluorescenciju F bojila. Razlog tome je što u svjetlo sivoj nema utjecaja žute boje (Y=0%), a utjecaj cijana i magente je vrlo malen jer su njihove RTV niske, pa je i nanos cijana i magente vrlo malen. Kod slike u bliskom infracrvenom spektru vidi se jednak ton F boje. Razlog tome je jednaka pokrivenost s F<sub>Z</sub> bojilom. Kanal F boje ispunjen je s jednakom vrijednosti koja iznosi 40% (slika 10.11.c).

Tablica 10.10. UV i NIR stanje barijerno skeniranog otiska grafike Zalazak sunca,

Slika Zalazak sunca		UV, 365 nm		NIR, 100 nm
		CIELab	RGB	Z %
0. Kružnica	Svjetlo siva	21 15 -34	46,44,102	0
1. Obruč	Malina	11 4 -10	29,28,43	0
2. Obruč	Lješnjak	8 1 -5	23,24,31	0
3. Obruč	Lješnjak	60 8 12	164,139,124	38
4. Obruč	Lisica	62 7 52	178,143,51	38
5. Obruč	Tirkiz	71 -18 6	140,183,162	38
6. Obruč	Zelena	68 -17 16	144,175,136	38
7. Obruč	Lješnjak	60 8 12	164,139,124	38
8. Obruč	Malina	58 14 19	171,130,107	38
9. Obruč	Svjetlo siva	86 -5 0	204,216,214	38
10. Obruč	Čoko	62 -7 39	153,152,78	38



Zbog iste zastupljenosti F bojila u UV spektru očekivalo bi se da će ono imati jednoličan odziv (40%). Provedenim eksperimentima dokazano je da su ti odzivi različiti ovisno o svjetlini koju uvjetuje nanos CMY bojila iz slike vidljive na dnevnom svjetlu. Pokazuje se da pojedini ton ima različiti odziv ako je ton s više ili manje vrijednosti L u CIELab sustavu. Ako je veliki nanos cijan bojila na sliku u V spektru, tada  $F_z$  bojilo u UV području ima znatno tamniji zeleni fluorescentni ton. Ako je veliki nanos žutog bojila, tada je  $F_z$  bojilo u UV području iz fluorescentno zelene prelazi u znatno svjetliji zeleni (zeleno-žuti) fluorescentni ton. Nasuprot tome u NIR svjetlu nema takvog efekta. U NIR području se točno prema Z vrijednosti F bojila izdvaja IR slika i to kroz jednoličan ton sive boje. CIELab sustav se na takav način može proširiti na UV područje, ali se s takvim značajkama ne može proširiti i na IR područje.

U tablici 10.10. izmjerene su vrijednosti boje s barijerno skeniranog otiska apstraktne grafike *Zalazak sunca* (slika 10.11.a). Mjerenja su napravljena u aplikaciji Adobe Photoshop s profilom boja SWOP (Coated), 20%, GCR, Medium. Grafika je otisnuta s bojilima CMYF na zaštićenom papiru Mould. Vizualno su utvrđene boje čiji se tonovi podudaraju. Boje koje su vizualno jednake iz trećeg i sedmog obruča skenirane valnom duljinom od 365 nm imaju jednaku fluorescenciju u zelenu, a skenirane valnom duljinom od 1000 nm dijele jednaku vrijednost Z faktora (slika 10.11.b, tablica 10.10). Boja Malina iz prvog i osmog obruča čiji se tonovi boje u V spektru poklapaju potpuno su različite u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom području. Boja Malina prvog obruča u UV području ne fluorescira u zelenu, a u bliskom infracrvenom području vrijednost Z faktora joj je nula. Boja blizanac iz osmog obruča izložena valnoj duljini od 365 nm fluorescira u zelenu (slika 10.11.b), a pri valnoj duljini od 1000 nm vrijednost Z faktora iznosi 38% (slika 10.11.c). Središnja kružnica, boja 16 Svjetlo siva, ne sadrži F bojilo, dok boja blizanac u osmom obruču sadrži F bojilo. Te dvije boje vizualno su na otisku jednake, a instrumentalnim skeniranjem kao kod ostalih boja blizanaca utvrđene su ekstremne razlike izlaganjem otiska elektromagnetskom zračenju od 365 nm i od 1000 nm.

## **11. PRIMJENA NOVE METODE GRAFIČKE ZAŠTITE TEMELJENE NA STEGANOGRAFIJI SA ZAŠTITNIM ULTRALJUBIČASTIM I INFRACRVENIM SPOT OFSETNIM BOJILIMA**

### **11.1. Zajedništvo ultraljubičastih i infracrvenih bojila**

U ovom radu se pokazuje način, metoda i procedura stvaranja bojila sa različitim spektralnim svojstvima. To je novi sustav u zaštitnoj grafici, sigurnosnom ofsetnom tisku i u sustavu upravljanja bojama (Color Management).

Ofsetnim tiskom na zaštićenom papiru Mould sa zaštitnim ofsetnim spot bojilima utvrđuje se koliko su različita tri stanja: UV, V i NIR.

UV i NIR stanje jednako su projektirana za  $F_z$  i  $F_n$  bojilo. Velike su razlike između UV i NIR stanja koja zajedno čine zaštitni sustav. Selektirani su od vidljivog stanja na dva načina: za ultraljubičasto i infracrveno sa međusobnim „izbijanjem“. Do sada su se kreirale izdvojene grafike za ultraljubičasto područje bez povezanosti sa infracrvenim područjem. Kako bi se povezala stanja UV i IR bilo je potrebno pronaći bojila s takvim svojstvima koja je prethodno potrebno izmjeriti kroz sva tri spektra: UV, V i NIR. F bojilo je omogućilo tu povezanost. Tako su UV i IR stanje međusobno povezani preko F bojila. Ta međusobno ovisna stanja međusobno se i skrivaju, jer je UV stanje potpuno skriveno od IR stanja što se vidi na primjerima zaštićenih dokumenata *Domovnice* (slike od 11.1 do 11.8). Takvo projektiranje je osnova budućih metoda korištenja bojila sa višestrukim svojstvima.

### **11.2. Sustav planiranja zaštićenog dokumenta**

Poistovjećivanje UV i IR stanja omogućuje dizajnerima bogate sadržaje u obliku slika ili informacija koje su povezane prema namjeni dokumenta koji se štiti. Skrivena slika mora biti sadržajno povezana sa slikom koja se gleda golim okom. Izvrstan primjer za to je grafika *Logo* (slika 10.2.a) koja u vidljivom spektru sadrži logotip Umjetničkog paviljona u Zagrebu, a u UV i NIR spektru fotografiju Umjetničkog paviljona (slike 10.2.b i 10.2.c). Ako se na primjer radi o zaštićenom dokumentu *Svjedodžba* za srednje škole, onda bi skriveni element mogao biti tekstualna informacija poput naziva srednje škole ili grada u kojem se ona nalazi. Mora postojati smišljena poveznica vidljivog i nevidljivog sadržaja zaštićenog dokumenta. Dizajneri moraju proširiti svoja znanja ulazeći u kreiranje slike u područjima van vidljive

svjetlosti koja će smisleno biti povezana s namjenom, sadržajem i izgledom zaštićenog dokumenta. Na taj način bi se oplemenili zaštićeni dokumenti. Dizajneri moraju povezati skrivene sadržaje F/Z grafike sa sadržajem vidljive slike (V grafika), vodeći brigu i o tehnologiji koja im to može omogućiti. Zato je bitno proširiti znanja na sveučilištima i veleučilištima u polju grafičke tehnologije i dizajna.

Ovim istraživanjem utvrđen je novi sustav UV bojila za ofsetni tisak s kontinuiranim korištenjem tonova u vizualnom spektru u kojem se nalazi skrivena grafika. U grafičke proizvode koji se rade na državnoj razini izvršen je zahvat obnove dizajna s namjerom postizanja aktualnog modernog stanja sigurnosnih tiskovina.

Kreira se novi dokument *Domovnice* u ofsetnom tisku upravljajući bojilima u trima različitim spektrima. Taj zaštićeni dokument u istoj reprodukciji ima ciljani odziv u UV, V i NIR području.

*Domovnice* su napravljene s četiri ultraljubičasta vidljiva fluorescentna bojila koja se mogu svrstati u dvije grupe. Prva grupa bojila:  $F_z$  i  $F_n$  imaju apsorpciju svjetla u NIR spektru, dok druga grupa bojila nema apsorpcijska svojstva u NIR području. Sva bojila korištena u zaštićenom tisku *Domovnica* su spot zaštitna ofsetna ultraljubičasta fluorescentna bojila. Neka od bojila su zamiješana u tiskarnici, dok su druga bojila kupljena kao gotova zaštitna UV bojila. Takva gotova bojila su:

- $F_z$ : Black fluo strong green offset ink 05011
- $F_n$ : Black fluo orange offset ink 210406
- HUBER Pantone Leucht – Gelb 803 C+U -41 S 0803.

Bojila koja su zamiješana u tiskarnici su sljedeća:

- $M_p$ : 30% Magente + 70% UV nevidljive fluorescentne plave (Huber Rapida Magenta 42F50RP, Petrel UV invisible fluo blue ofset 10030)
- $C_r$ : 30% Cijana + 70% UV nevidljive fluorescentne crvene (Huber Rapid Cyan 43 F 50, UV invisible fluo red ofset 10050)
- $N_z$ : 30%  $M_p$  + 70% Pantone 803 (Huber Rapida Magenta 42F50RP, Petrel UV invisible fluo blue ofset 10030, HUBER Pantone Leucht – Gelb 803 C+U -41 S 0803)
- $Z_z$ : 30%  $C_r$  + 70% Pantone 803 (Huber Rapid Cyan 43 F 50, UV invisible fluo red ofset 10050, HUBER Pantone Leucht – Gelb 803 C+U -41 S 0803).

Oznaka svakog od bojila sastoji se od slova početne riječi naziva bojila i indeksa. Indeks nosi početno slovo naziva boje u koju bojilo fluorescira izloženo valnoj duljini od 365 nm. Tako se bojilo  $M_p$  odnosi na Magentu koja se vidi na otisku golim okom. Kad se taj otisak izloži UV

zračenju tada Magenta bojilo fluorescira u plavu. Zato „M“, magenta bojilo nosi indeks „p“ (fluorescencija u plavu).

Ultraljubičasta vidljiva bojila koja pod utjecajem UV svjetla fluoresciraju u drugu boju su sljedeća:

- F<sub>z</sub>: na otisku tamno sivo, fluorescira u zelenu
- F<sub>n</sub>: na otisku tamno sivo, fluorescira u narančastu
- M<sub>p</sub>: na otisku magenta, fluorescira u plavu
- C<sub>r</sub>: na otisku cijan, fluorescira u crvenu
- N<sub>z</sub>: na otisku narančasta, fluorescira u žutu
- Z<sub>z</sub>: na otisku zelena, fluorescira u žutu

HUBER Pantone Leucht – Gelb 803 C+U -41 S 0803 je ultraljubičasto bojilo koje je na otisku žuto i koje pod utjecajem UV svjetla fluorescira u žutu boju.

Napravljeno je osam uzoraka *Domovnica* koji su kreirani s bojilima od kojih jedna grupa bojila ima svojstva apsorpcije svjetla u ultraljubičastom i vidljivom spektru; dok druga grupa bojila ima svojstva apsorpcije svjetla u ultraljubičastom, vidljivom i bliskom infracrvenom spektru.

Sve *Domovnice* otisnute su sa spot zaštitnim bojilima kojima je rastertonska vrijednost 100%. Na takav način se rade svi zaštićeni dokumenti. Zaštitne krivulje (Guilloche) s vrlo tankim linijama (0,088 pt) uobičajene su na zaštićenim dokumentima, a otisnute su sa 100% rastertonske vrijednosti. U slučaju da se otisnu s 50% rastertonske vrijednosti, na otisku bi se golim okom linije jedva primjećivale, a linije krivulja bile bi isprekidane, te bi izgledale porozno i nekvalitetno.

Zaštitne krivulje, guilloche, s obzirom da su izuzetno tanke, moraju se otisnuti punim tonom boje kako bi bile vidljive golim okom.

Inovacija prikazanih rješenja jest uvođenje ultraljubičastog i infracrvenog efekta koji se bez posebnih troškova mogu implementirati i vrlo jednostavno detektirati.

Obrazac 2b

REPUBLIKA HRVATSKA

**DOMOVNICA**

kojom se dokazuje da je

\_\_\_\_\_ (ime i prezime)

rođena \_\_\_\_\_ (dan, mjesec, godina)

u \_\_\_\_\_ (mjesto, općina, država)

s prebivalištem u \_\_\_\_\_ (država, mjesto, adresa)

**HRVATSKA DRŽAVLJANKA**

Podaci o državljanstvu upisani su u knjigu državljana matičnog ureda

\_\_\_\_\_ općine

na stranici \_\_\_\_\_ pod red. br. \_\_\_\_\_

Klasa :

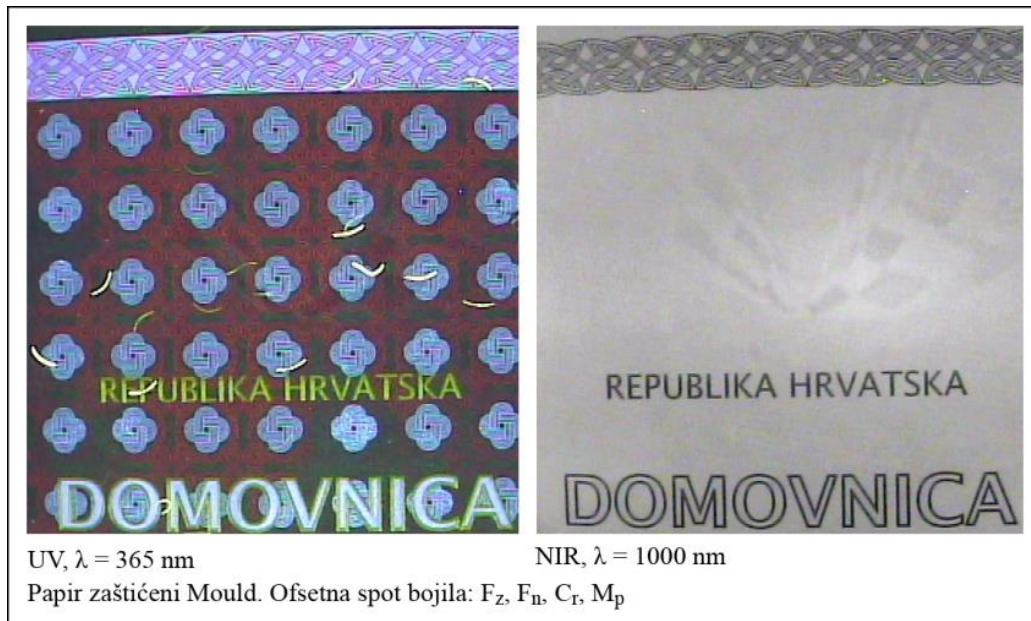
Urbroj: \_\_\_\_\_ M. P. \_\_\_\_\_

U \_\_\_\_\_

Dana \_\_\_\_\_ Potpis službene osobe \_\_\_\_\_

Slika 11.1.a. Skeniran otisak *Domovnice 1* sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru (original u doktorskoj disertaciji)





Slika 11.1.b. Barijerno skeniran otisak *Domovnice 1*, UV i NIR stanje

Uzorak *Domovnice 1* otisnut je u ofsetnom tisku na stroju Heidelberg Speed Master 52 na zaštićenom papiru Mould sa sljedećim zaštitnim bojilima:  $F_z$ ,  $F_n$ ,  $C_r$ ,  $M_p$ . Na lijevom gornjem dijelu svih domovnica predviđen je grb RH (naznačen u bijeloj boji), dok je na gornjem desnom dijelu svih domovnica predviđena skrivena fotografija osobe za koju se domovnica izaje. Grb RH i skriveni F/Z portret (slike 11.9 i 11.10) izvodi se sa CMYF bojilima. Svojstva apsorpcije svjetla u trima različitim spektrima za  $F_z$  i  $F_n$  bojila poznata su iz dosadašnjih pokusa. Na otisku *Domovnice 1* koji se nalazi na prethodnoj stranici vidi se okvir u magenta boji preko kojeg je pleter u tamno sivoj boji  $F_n$ . Kako je pleter napravljen iz vrlo tankih krivulja tako ga je plava fluorescencija iz pozadine pletera prevladala u UV području. Iako je otisak pletera napravljen s  $F_n$  bojilom koje fluorescira u narančastu, zbog velikog utjecaja plave boje na skeniranom otisku narančasta fluorescencija ne dolazi do izražaja. Zato se  $F_z$  bojilo s kojim su otisnute riječi „Republika Hrvatska“ i uokvirena slova riječi „Domovnica“ na skeniranoj slici otiska u UV spektru vrlo dobro raspoznaje sa intenzivnom fluorescencijom u zelenu. Elementi na centralnom dijelu *Domovnice 1* otisnuti su s bojilima  $M_p$  i  $C_r$ . Slika otiska koji je barijerno skeniran sa valnom duljinom 365 od nm pokazuje kolika je migracija magente s otiska prema fluorescentnoj plavoj. Jednako je i s bojilom koje se golim okom vidi kao cijan ( $C_r$  bojilo) koje izloženo UV spektru prelazi u izrazito crvenu boju. U NIR spektru bojila  $M_p$  i  $C_r$  nemaju apsorpciju svjetla. Na otisku skeniranom valnom duljinom od 1000 nm vidi se odziv bojila  $F_z$  i  $F_n$ . Sa bojilom  $F_n$  otisnute su krivulje pletera, dok je s bojilom  $F_z$  otisnut tekst.




**REPUBLIKA HRVATSKA**  
**DOMOVNICA**

kojom se dokazuje da je

\_\_\_\_\_

( ime i prezime )

rođena \_\_\_\_\_

( dan , mjesec , godina )

u \_\_\_\_\_

( mjesto , općina , država )

s prebivalištem u \_\_\_\_\_

( država , mjesto , adresa )

**HRVATSKA DRŽAVLJANKA**

Podaci o državljanstvu upisani su u knjigu državljana matičnog ureda

\_\_\_\_\_ općine \_\_\_\_\_

na stranici \_\_\_\_\_ pod red. br. \_\_\_\_\_

Klasa :

Urbroj : \_\_\_\_\_ M . P . \_\_\_\_\_

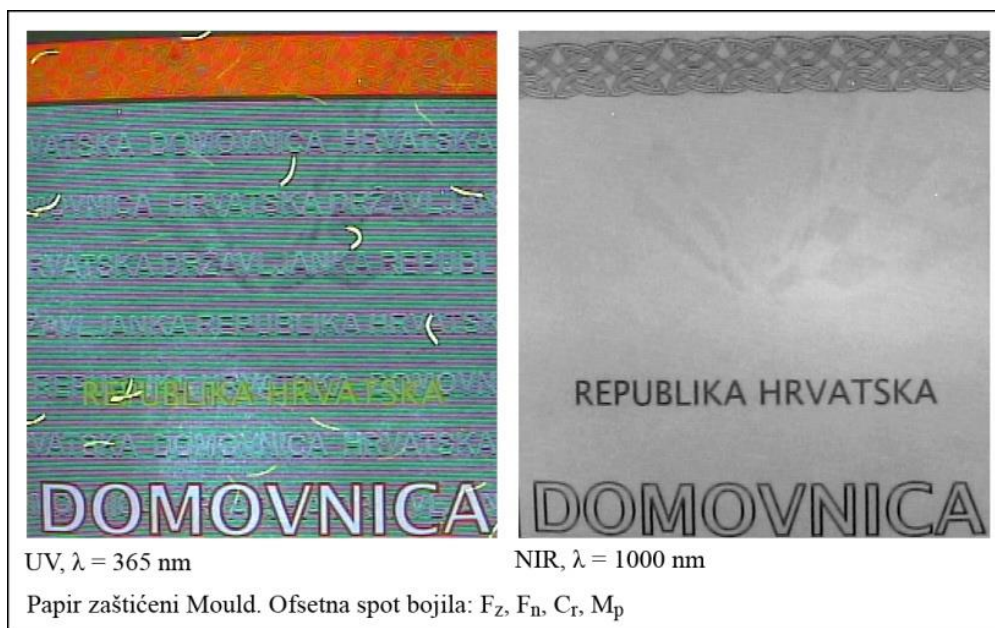
U \_\_\_\_\_

Potpis službene osobe

Dana \_\_\_\_\_

Slika 11.2.a. Skeniran otisak *Domovnice* 2 sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru (original u doktorskoj disertaciji)

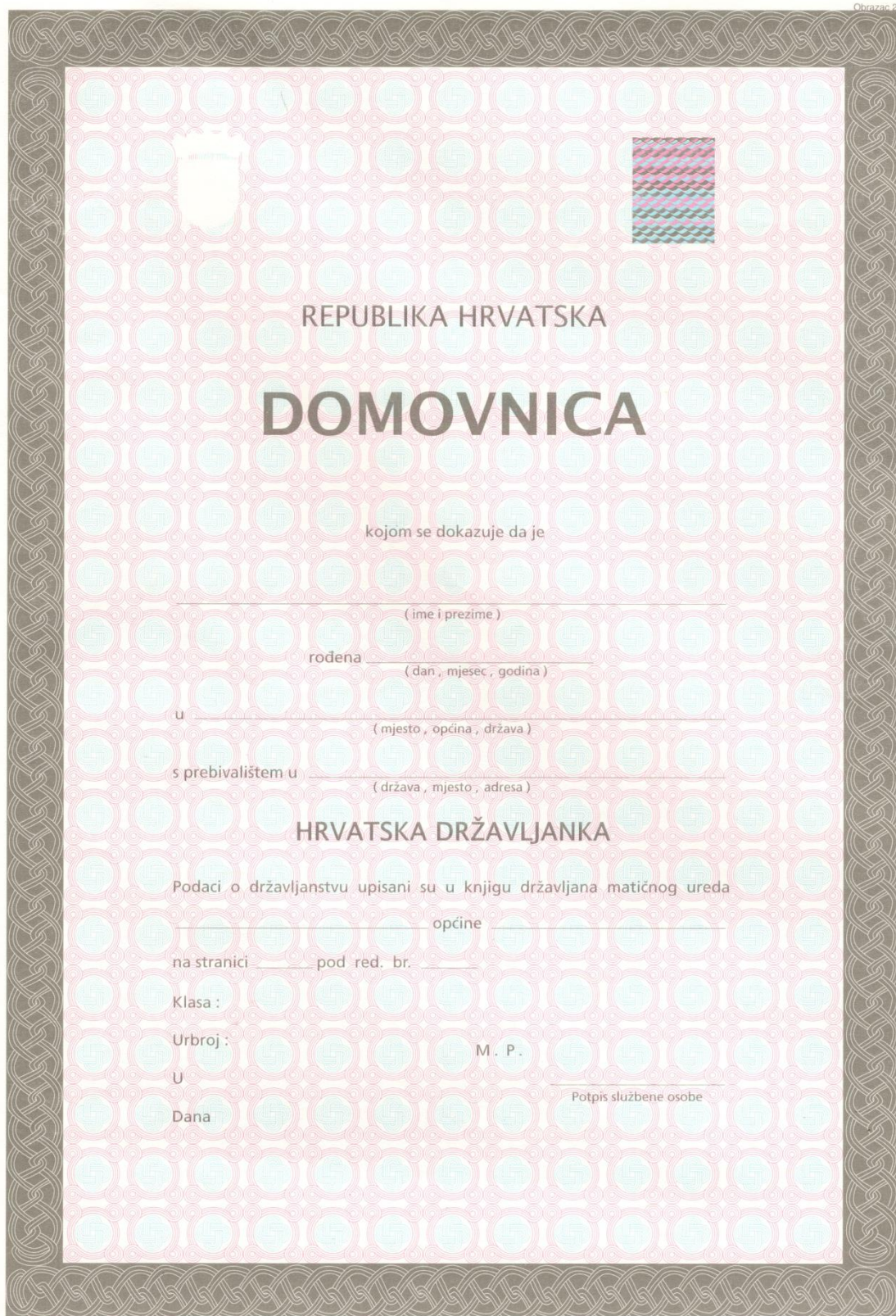




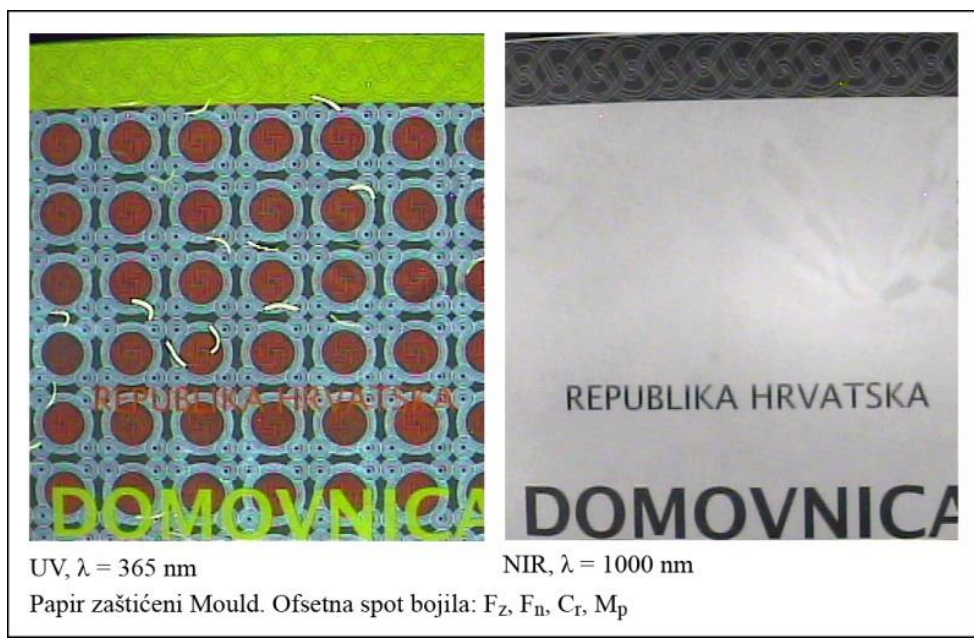
Slika 11.2.b. Barijerno skeniran otisak *Domovnice 2*, UV i NIR stanje

*Domovnica 2* otisnuta je u ofsetnom tisku na stroju Heidelberg Speed Master 52, na zaštićenom papiru Mould sa sljedećim zaštitnim bojilima:  $F_z$ ,  $F_n$ ,  $C_r$ ,  $M_p$ . Na otisku *Domovnice 2* vidi se okvir u cijan boji preko kojeg je pleter u tamno sivoj boji  $F_z$ . Pleter je napravljen iz vrlo tankih krivulja, koje su podebljane za 0,03 pt u odnosu na *Domovnicu 1*. Na skeniranom otisku *Domovnice 2* vidi se međusobni utjecaj bojila  $F_z$  i  $C_r$ . Tako je cijan pozadina pletera s otiska pod utjecajem UV zračenja prešla u crvenu. Na tu fluorescentnu crvenu boju utječe fluorescentna boja pletera koji je otisnut s  $F_z$  bojiлом. Vidi se veliki utjecaj fluorescentne zelene na fluorescentnu crvenu boju. Zbog tog utjecaja crvena boja izgleda kao narančasta. Na desnom dijelu slike, gdje je predviđeno mjesto za skrivenu F/Z sliku iz CMYF bojila otisnute su krivulje kombinacijom sva četiri spot bojila. Među tim krivuljama u UV području jasno se raspoznaju sve fluorescirajuće boje (magenta bojilo s otiska fluorescira u plavu, cijan fluorescira u crvenu,  $F_n$  u narančastu i  $F_z$  u zelenu). Sa  $F_z$  bojiлом otisnute su riječi „Republika Hrvatska“, dok su  $F_n$  bojiлом otisnuta uokvirena slova riječi „Domovnica“. Na skeniranoj slici otiska u UV spektru jasno se vide slova „Republika Hrvatska“ koja fluoresciraju u zelenu, kao i okvir teksta „Domovnica“ koji fluorescira u narančastu. Na otisku skeniranom valnom duljinom od 1000 nm vidi se samo odziv bojila  $F_z$  i  $F_n$  na istim pozicijama kao i u UV području. Linijska grafika na centralnom dijelu *Domovnice 2* otisnuta je sa bojiлом  $M_p$ . Slika otiska koji je barijerno skeniran pokazuje u UV području oštar prijelaz magenta bojila s otiska u fluorescentnu plavu. Na linijskoj grafici u UV području nazire se i vodeni znak koji se na istoj poziciji ponavlja u NIR području.





Slika 11.3.a. Skeniran otisak *Domovnice 3* sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru (original u doktorskoj disertaciji)



Slika 11.3.b. Barijerno skeniran otisak *Domovnice 3*, UV i NIR stanje

*Domovnica 3* otisnuta je u ofsetnom tisku na stroju Heidelberg Speed Master 52, na zaštićenom papiru Mould sa sljedećim zaštitnim bojilima:  $F_z$ ,  $F_n$ ,  $C_r$ ,  $M_p$ .

Na otisku *Domovnice 3* vidi se okvir u tamno sivoj boji  $F_z$  preko kojeg je pleter u bijeloj boji. Pleter je napravljen iz tankih krivulja, pa je i ovdje došlo do utjecaja bojila  $F_z$  na tanke linije i boju papira. Pleter se pod utjecajem UV zračenja jedva nadzire iz intenzivne fluorescencije  $F_z$  bojila.

Središnji elementi *Domovnice 3* otisnuti su s bojilima  $C_r$  i  $M_p$ . Na instrumentalno skeniranom otisku s valnom duljinom od 365 nm vidi se prijelaz cijan bojila u intenzivnu fluorescentnu crvenu i prijelaz magenta bojila u intenzivnu fluorescentnu plavu.

Riječi „Republika Hrvatska“ otisnute su sa  $F_n$  bojilom, te u UV području poprimaju narančastu boju. Riječ „Domovnica“ otisnuta je tamno sivim bojilom  $F_z$  koje pod utjecajem UV svjetla fluorescira u zelenu.

Pozadina pletera, kao i tekst, otisnuti su s  $F_n$  i  $F_z$  bojilima čija je ulazna rastertonska vrijednost 100%. U NIR području se zato vrlo jasno vide svi elementi otisnuti s  $F$  bojilima. Bojila  $M_p$  i  $C_r$  također su otisnuta u punom tonu.

Kod svih otisaka skeniranih u NIR području uočljiv je vodeni znak koji se ponavlja gotovo na istom mjestu. Razlog tome je što je zaštićeni papir Mould u formatu 640x460 mm s točnom postavkom vodenih znakova unutar zadanog formata



REPUBLICA HRVATSKA

**DOMOVNICA**

kojom se dokazuje da je

\_\_\_\_\_

( ime i prezime )

rođena \_\_\_\_\_

( dan , mjesec , godina )

u \_\_\_\_\_

( mjesto , općina , država )

s prebivalištem u \_\_\_\_\_

( država , mjesto , adresa )

**HRVATSKA DRŽAVLJANKA**

Podaci o državljanstvu upisani su u knjigu državljana matičnog ureda

\_\_\_\_\_ općine \_\_\_\_\_

na stranici \_\_\_\_\_ pod red. br. \_\_\_\_\_

Klasa :

Urbroj : \_\_\_\_\_ M . P . \_\_\_\_\_

U \_\_\_\_\_

Dana \_\_\_\_\_ Potpis službene osobe \_\_\_\_\_

Slika 11.4.a. Skeniran otisak *Domovnice 4* sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru  
(original u doktorskoj disertaciji)



Slika 11.4.b. Barijerno skeniran otisak *Domovnice 4*, UV i NIR stanje

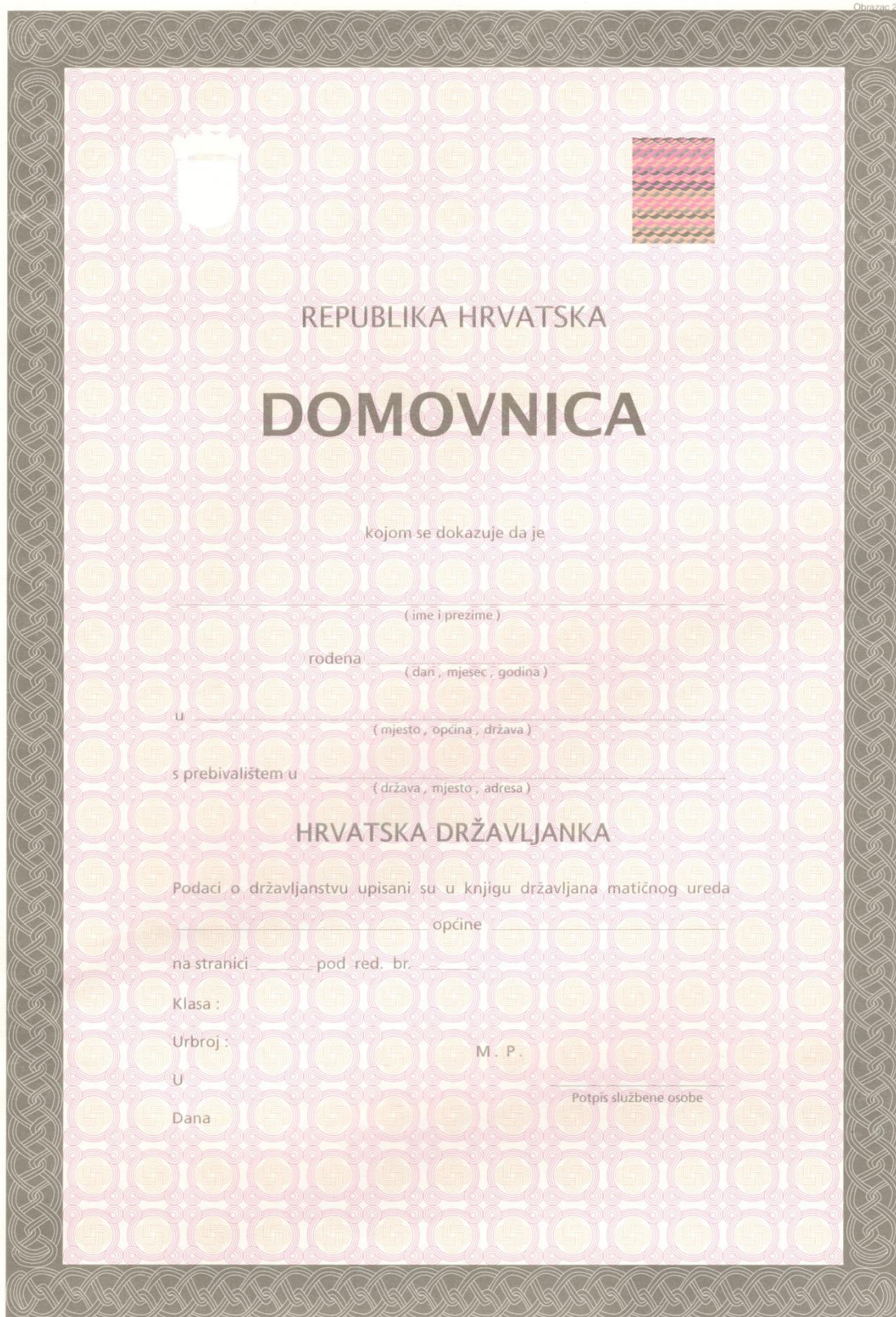
Uzorak *Domovnice 4* otisnut je u ofsetnom tisku na stroju Heidelberg Speed Master 52 na zaštićenom papiru Mould sa sljedećim zaštitnim bojilima:  $F_z$ ,  $F_n$ ,  $C_r$ ,  $M_p$ .

Na otisku *Domovnice 4* koji se nalazi na prethodnoj stranici okvir je otisnut s  $F_n$  bojom preko kojeg je plet u bijeloj boji. Na skeniranom otisku *Domovnice 4* u UV području okvir snažno fluorescira u narančastu. Sa  $F_n$  bojom otisnut je tekst „Republika Hrvatska“ i linije kojima je uokvirena riječ „Domovnica“. Navedeni tekst otisnut s  $F_n$  bojom u UV području fluorescira u narančastu, dok se u NIR području vidi u crnoj boji. Kako je unutar okvira riječi „Domovnica“ u tisku korišteno bojilo  $C_r$  koje fluorescira u crvenu, tako se u UV području vidi međusobni utjecaj fluorescentne narančaste i fluorescentne crvene. Kao rezultat dobivena je svjetlo crvena boja koja se znatno razlikuje od centralnih elemenata koji su izvedeni s istim bojom.

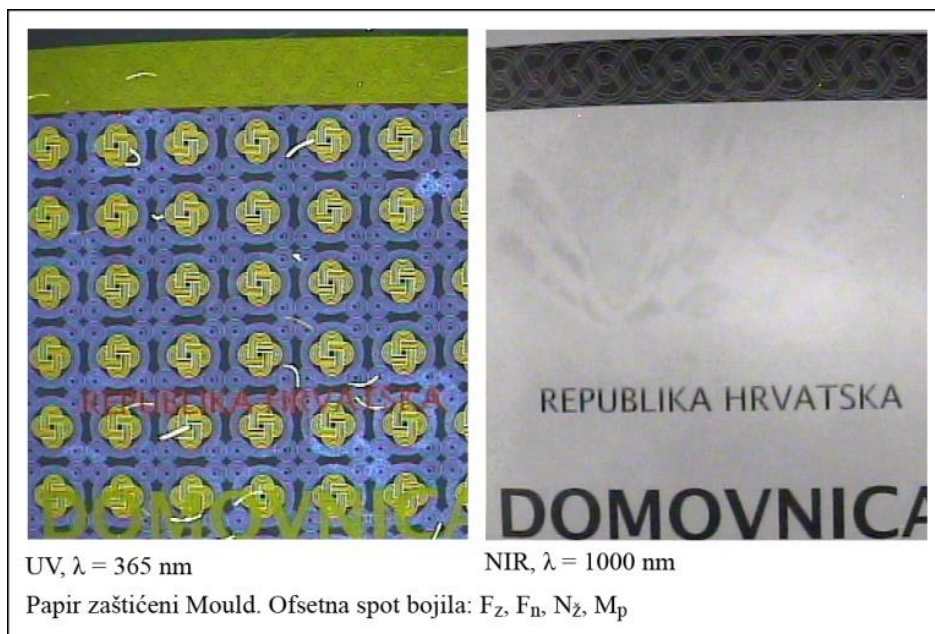
Centralni elementi nisu u crvenoj boji već su zbog utjecaja podloge koja fluorescira u plavu boju poprimili ljubičasti ton.

Na centralnom dijelu *Domovnice 4* vidi se na skeniranom otisku u UV i NIR utjecaj vodenog znaka koji je u oba spektra svjetliji u odnosu na okolinu. Izvor UV i NIR svjetla prilikom skeniranja bio je točno iznad vodenog znaka. Zato je boja papira i središnjih elemenata u UV području neravnomjerna kao i dio pletera koji je svjetliji na središnjem dijelu i tamniji prema krajevima. Jednako je i s elementima koji bi trebali fluorescirati u crvenu boju, a umjesto toga fluoresciraju u ljubičastu boju. Ovdje je došlo do utjecaja izvora UV svjetla koje se snažno reflektiralo od vodeni znak u papiru tvoreći kod istih bojila nejednakosti u fluorescenciji.





Slika 11.5.a. Skeniran otisak *Domovnice* 5 sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru (original u doktorskoj disertaciji)



Slika 11.5.b. Barijerno skeniran otisak *Domovnice 5*, UV i NIR stanje

*Domovnica 5* otisnuta je u ofsetnom tisku na stroju Heidelberg Speed Master 52, na zaštićenom papiru Mould sa sljedećim zaštitnim bojilima:  $F_z$ ,  $F_n$ ,  $N_z$ ,  $M_p$ .

Bojilo  $N_z$ , zamiješano je od 30% bojila  $M_p$  i 70% bojila Pantone 803 koje fluorescira u žutu. Bojilo Pantone 803 je jedino bojilo koje je vidljivo žuto i fluorescira u žutu boju. Sva ostala bojila korištena u ovom sigurnosnom ofsetnom tisku fluoresciraju u potpuno različite boje od onih koje su vidljive na otisku.

S bojilom  $F_z$  otisnut je okvir na kojem je smješten pleter u bijeloj boji i otisnut je tekst „Domovnica“. Sa bojilom  $F_n$  otisnute su riječi „Republika Hrvatska“. Razlike između te dvije boje u UV području vrlo su uočljive jer nema utjecaja drugih bojila unutar teksta. Zato su dobivene boje vrlo čiste i vide se na skeniranom otisku kao čista fluorescentno narančasta i čista fluorescentno zelena.

Elementi koji su u centralnom dijelu otiska *Domovnice 5* su u narančastoj ( $N_z$  bojilo) i crvenoj boji ( $M_p$  bojilo). Kako je 30%  $M_p$  bojila, magenta koja fluorescira u plavu, zamiješano sa 70% bojila Pantone 803 koje fluorescira u žutu, tako je rezultat fluorescencije boje  $N_z$  vrlo sličan fluorescenciji koju daje  $F_z$  bojilo. Razlog tome je miješanje UV pigmenta koji daju plavu fluorescenciju s pigmentima koji daju žutu fluorescenciju. Zato fluorescencija bojila Pantone 803 nije čista žuta koja je definirana za to bojilo, već s malom primjesom cijana pod utjecajem UV svjetla prelazi u zelenu.






**REPUBLIKA HRVATSKA**  
**DOMOVNICA**

kojom se dokazuje da je

\_\_\_\_\_  
 ( ime i prezime )

rodena \_\_\_\_\_  
 ( dan , mjesec , godina )

u \_\_\_\_\_  
 ( mjesto , općina , država )

s prebivalištem u \_\_\_\_\_  
 ( država , mjesto , adresa )

**HRVATSKA DRŽAVLJANKA**

Podaci o državljanstvu upisani su u knjigu državljana matičnog ureda  
 \_\_\_\_\_ općine \_\_\_\_\_

na stranici \_\_\_\_\_ pod red. br. \_\_\_\_\_

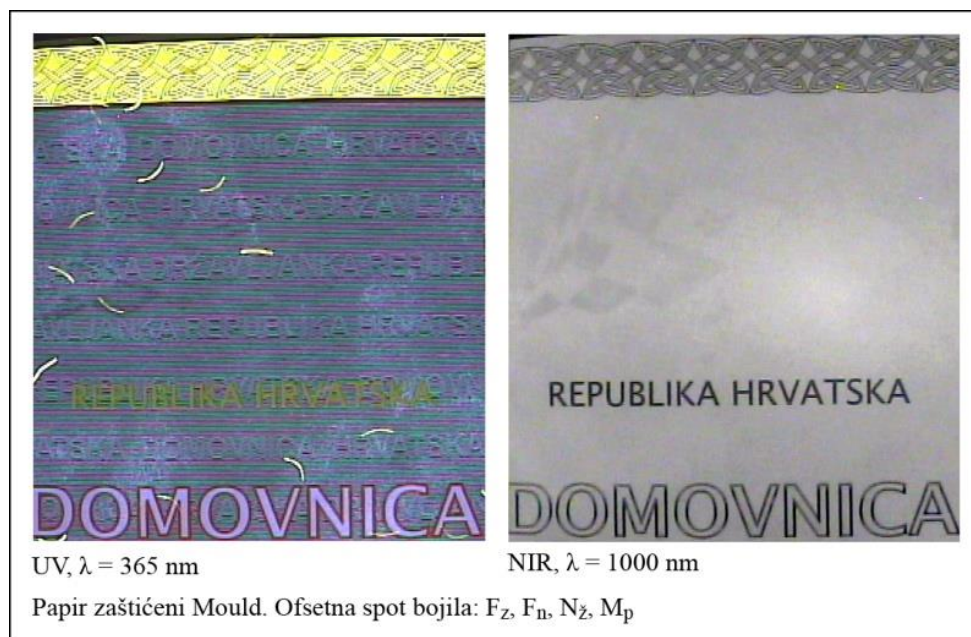
Klasa : \_\_\_\_\_

Urbroj : \_\_\_\_\_ M . P . \_\_\_\_\_

U \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ Potpis službene osobe

Dana \_\_\_\_\_

Slika 11.6.a. Skeniran otisak *Domovnice 6* sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru (original u doktorskoj disertaciji)



Slika 11.6.b. Barijerno skeniran otisak *Domovnice 6*, UV i NIR stanje

*Domovnica 6* otisnuta je u ofsetnom tisku na stroju Heidelberg Speed Master 52, na zaštićenom papiru Mould sa sljedećim zaštitnim bojilima:  $F_z$ ,  $F_n$ ,  $N_z$ ,  $M_p$ .

Okvir *Domovnice 6* otisnut je s bojiлом  $N_z$ , a pleter s bojiлом  $F_z$ . Zbog međusobnog utjecaja tih dvaju bojila kao i povezanosti preko sadržaja žute komponente sam pleter u UV području ne dolazi do izražaja. Na tanke krivulje pletera veliki utjecaj ima volumen žutog okvira koji zatamljuje zelenu fluorescenciju pletera.

Na *Domovnici 6* čak su dva vodena znaka koja u UV i NIR području dolaze do izražaja. Može se zaključiti, s obzirom na pretodne domovnice, da na linijsku grafiku s tekstom koja je smještena u centralnom dijelu domovnica vodeni znak iz papira ima veći utjecaj nego kod domovnica koje nemaju takav oblik linijske grafike (slike 10.2 i 10.6).

Centralna linijska grafika sa tekstom otisnuta je s bojiлом  $M_p$  koje fluorescira u plavu što se jasno vidi na otisku skeniranom valnom duljinom od 365 nm.

Tekst „Republika Hrvatska“ otisnut je s bojiлом  $F_z$ . Tekst „Domovnica“ otisnut je sa bojilima  $M_p$  i  $F_n$ . Sa magentom koja fluorescira u plavu otisnuto je meso teksta, a sa bojiлом  $F_n$  okvirne linije teksta. I ovdje se vidi utjecaj jedne fluorescentne boje na drugu. Meso teksta *Domovnice* izgleda kao da je svjetlije plave boje od linijske grafike koja je otisnuta s istim bojiлом, također u punom tonu (RTV=100%).



REPUBLIKA HRVATSKA

**DOMOVNICA**

kojom se dokazuje da je

\_\_\_\_\_ (ime i prezime)

rođena \_\_\_\_\_ (dan, mjesec, godina)

u \_\_\_\_\_ (mjesto, općina, država)

s prebivalištem u \_\_\_\_\_ (država, mjesto, adresa)

**HRVATSKA DRŽAVLJANKA**

Podaci o državljanstvu upisani su u knjigu državljana matičnog ureda

\_\_\_\_\_ općine

na stranici \_\_\_\_\_ pod red. br. \_\_\_\_\_

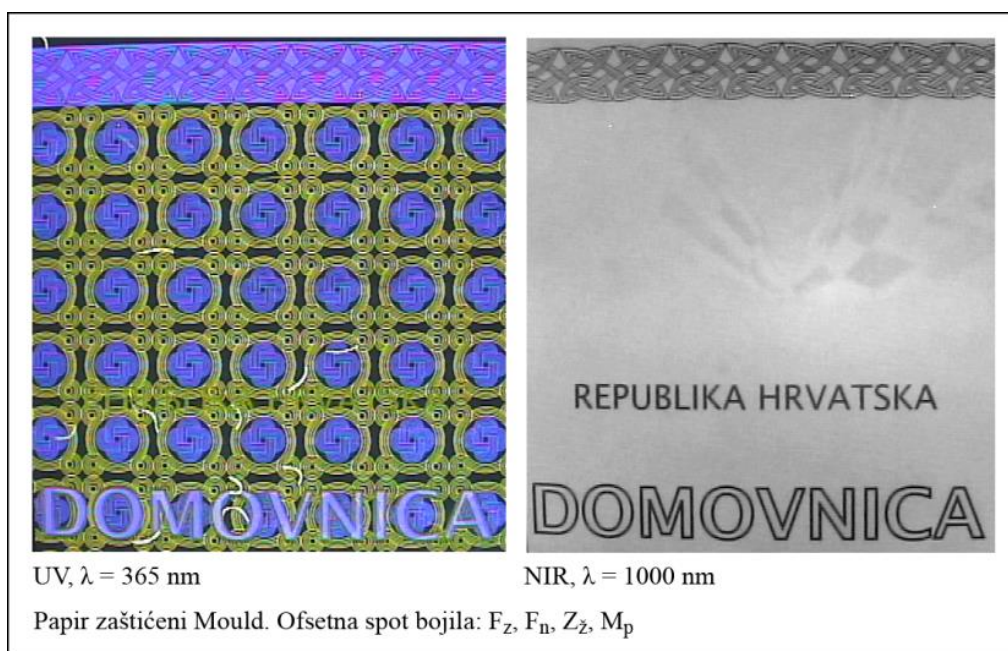
Klasa :

Urbroj : \_\_\_\_\_ M. P. \_\_\_\_\_

U \_\_\_\_\_

Dana \_\_\_\_\_ Potpis službene osobe \_\_\_\_\_

Slika 11.7.a. Skeniran otisak *Domovnice* 7 sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru (original u doktorskoj disertaciji)



Slika 11.7.b. Barijerno skeniran otisak *Domovnice 7*, UV i NIR stanje

*Domovnica 7* otisnuta je u ofsetnom tisku na stroju Heidelberg Speed Master 52, na zaštićenom papiru Mould sa sljedećim zaštitnim bojilima:  $F_z$ ,  $F_n$ ,  $Z_z$ ,  $M_p$ .

Okvir *Domovnice 7* otisnut je sa bojilom  $M_p$ , a pleter sa bojilom  $F_n$ . Zbog međusobnog utjecaja tih dvaju bojila tanke krivulje pletera u UV području ne ističu se u narančastoj boji. Kako je  $F_n$  bojilo otisnuto preko otiska okvira iz  $M_p$  bojila, došlo je do međusobnog miješanja tih dvaju bojila. Tijekom tiska  $F_z$  bojila na  $M_p$  bojilo pigmenti koji daju fluorescenciju uspjeli su se pomiješati.

Elementi iz centra *Domovnice 7* otisnuti su s magentom koja fluorescira u plavu i zelenom koja fluorescira u žutu. Ni jedno od tih dvaju bojila nemaju odziv u NIR spektru.

Bojilo  $Z_z$  nastalo je miješanjem 30% bojila  $C_r$  (cijan koji fluorescira u crvenu) sa 70% bojila Pantone 803 koje fluorescira u žutu. Kao rezultat miješanja tih dvaju bojila u vidljivom spektru dobivena je zelena boja, a u UV spektru dobivena je žuto-zelena fluorescencija. Zato se tekst „Republika Hrvatska“ koji je izveden s  $F_z$  bojilom u UV području potpuno izgubio među linijskom grafikom otisnutom sa  $Z_z$  bojilom. Taj tekst se u UV području ne raspoznaje jer se izjednačio s okolinom. Taj tekst vidi se golim okom na otisku u V području i instrumentalno u NIR području.



Obrazac 2b



REPUBLIKA HRVATSKA

# DOMOVNICA

kojom se dokazuje da je

\_\_\_\_\_

( ime i prezime )

rođena \_\_\_\_\_

( dan , mjesec , godina )

u \_\_\_\_\_

( mjesto , općina , država )

s prebivalištem u \_\_\_\_\_

( država , mjesto , adresa )

## HRVATSKA DRŽAVLJANKA

Podaci o državljanstvu upisani su u knjigu državljana matičnog ureda

\_\_\_\_\_ općine \_\_\_\_\_

na stranici \_\_\_\_\_ pod red. br. \_\_\_\_\_

Klasa :

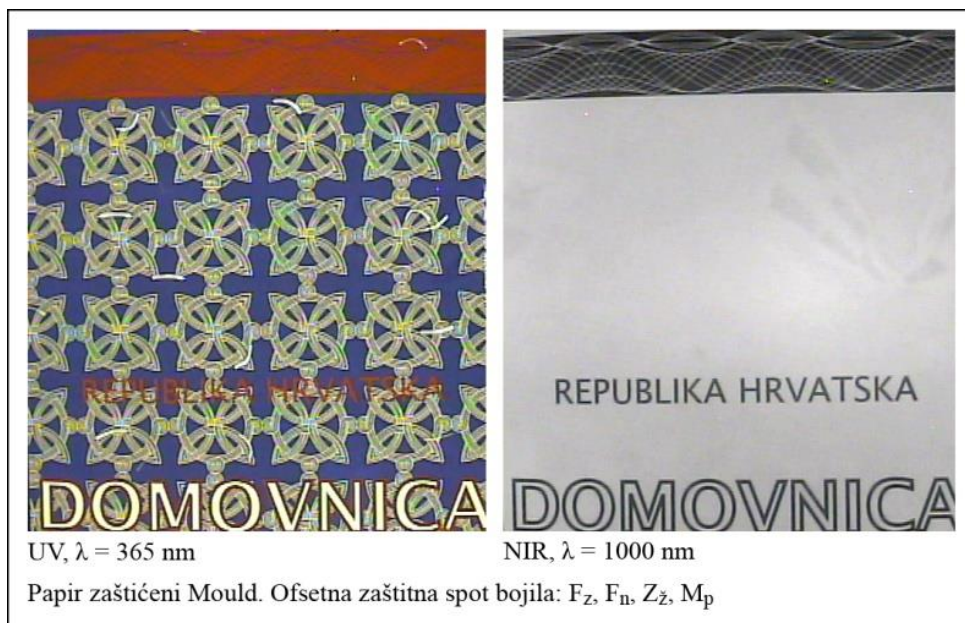
Urbroj : \_\_\_\_\_ M . P . \_\_\_\_\_

U \_\_\_\_\_

Dana \_\_\_\_\_

Potpis službene osobe \_\_\_\_\_

Slika 11.8.a. Skeniran otisak *Domovnice* 8 sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru  
(original u doktorskoj disertaciji)



Slika 11.8.b. Barijerno skeniran otisak *Domovnice 8*, UV i NIR stanje

*Domovnica 8* otisnuta je u ofsetnom tisku na stroju Heidelberg Speed Master 52, na zaštićenom papiru Mould sa sljedećim zaštitnim bojilima:  $F_z$ ,  $F_n$ ,  $Z_z$ ,  $M_p$ .

Okvir *Domovnice 8* otisnut je s bojom  $F_n$  dok je pleter u boji papira. Otisak skeniran valnom duljinom od 365 nm daje sliku s vrlo čistim fluorescirajućim bojama elemenata. Okvir, tekst „Republika Hrvatska“ i linije koje uokviruju slova teksta „Domovnica“ fluoresciraju u narančastu. Kod svih dosad korištenih bojila u tisku domovnica, u skeniranim otiscima s valnom duljinom od 1000 nm vide se dva dominantna teksta i pleter. U NIR području pleter se vidi u obliku tamno sivih tankih linija krivulja ili kao tamno sivi okvir sa bijelim tankim krivuljama. U UV području nema međutjecaja fluorescirajućih bojila. Meso teksta „Domovnica“ otisnuto je sa  $Z_z$  bojom, koja se u UV području vidi kao žuta. S istim bojom otisnuti su i središnji elementi, koji u UV području fluoresciraju u žutu.

Kroz ovaj rad uveden je novi princip kontroliranja i upravljanja bojilima u tri spektra. Primjeri od osam domovnica pokazuju u UV području međuovisnost fluorescencije dvaju boja (odnos između punog okvira koji je u jednoj boji i tankih krivulja pletera smještenog na okvir). Utvrđen je utjecaj veličine površine i jačine jedne fluorescentne boje na površinu i jačinu fluorescencije druge UV boje. Nema slučaja da jedna UV fluorescentna boja intenzivira drugu, već ili prevladava veća tiskovna površina otisnuta s UV fluorescentnim bojilom ili se utjecajem jednog bojila na drugo dobiva dojam treće fluorescentne boje u UV području. Takav slučaj je na Domovnici 2 gdje je pleter otisnut s  $F_z$  bojilom koje fluorescira u zelenu preko punog tona površine okvira otisnutog sa cijan bojilom koje fluorescira u crvenu. Kao rezultat u UV području ta dva bojila stopila su se u jedno, te je dobivena fluorescentno crveno-narančasta. Taj snažan utjecaj žute komponente iz zelene fluorescencije uvjetovan je i time što su F bojila otisnuta preko svih ostalih bojila, bez „izbijanja“ pozadine u koju se smješta F bojilo.

Svi eksperimenti, testiranja i mjerenja u ovom istraživanju rezultirala su pronalaskom prihvatljivih boja za skrivanje slike. Formula za separaciju F bojila i utvrđene kolorimetrijske vrijednosti boja mogu se koristiti isključivo u ofsetnom tisku s ispitanim tiskovnim podlogama i bojilima.

U tisku zaštićenih dokumenata većinom se koriste sigurnosna nevidljiva ultraljubičasta bojila. Takva bojila nemaju svojstva infracrvene apsorpcije i Z vrijednost im je nula. Kod punog tona F bojila na zaštićenom Mould papiru utvrđena vrijednost Z faktora koja iznosi 0,87. Ostala bojila koja su korištena za tisak domovnica imaju svojstva apsorpcije svjetla u vidljivom i ultraljubičastom području, dok u infracrvenom spektru nemaju odziva.

### **11.3. Zaštita portreta na osobnim identifikacijskim dokumentima**

Kod svih *Domovnica* ostavljen je prostor u gornjem lijevom dijelu koji je predviđen za grb RH u boji, a s desne strane u ravnini s grbom predviđen je zaštitni tisak portreta izveden u F/Z grafici (slike 11.9 i 11.10). Na tom mjestu predviđa se tisak skrivene fotografije osobe za koju se izdaje domovnica. Dokument *Domovnica* je jedan od mnogobrojnih primjera identifikacijskih dokumenata na kojima se može primijeniti ovakva vrsta zaštite.

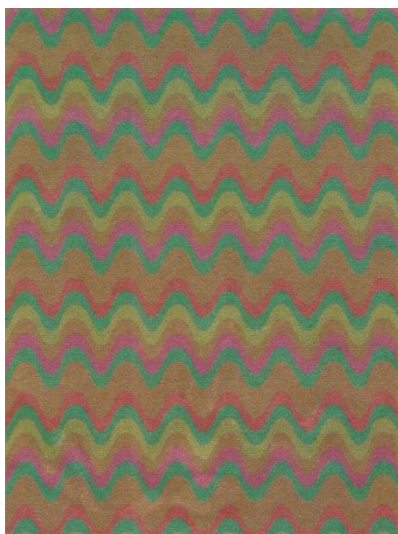
Slika se skriva u bojama čiji su tonovi definirani vrijednostima  $X_0$  i  $X_{40}$ . Ton boje  $X_0$  nema u svom sastavu F bojilo, pa mu je Z vrijednost i F vrijednost jednaka nuli. Ton boje  $X_0$  u svom sastavu ima izračunatu kombinaciju vrijednosti procesnih bojila cijana, magente i žute. Kod tona boje  $X_{40}$  definirana je vrijednost od 40% vrijednosti F bojila i definirana je vrijednost kombinacija CMY bojila. Ta dva stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  u vizualnom spektru se u potpunosti poklapaju; što znači da je njihov CIELab gotovo isti, a razlika u boji  $\Delta E$  manja je od dva. S tako unaprijed projektiranim bojama ciljano se skriva slika u UV i NIR području.

Nemoguće je krivotvoriti ovako zaštićeni dokument. Postoji receptura određena vrstom papira, ofsetnog stroja i vrstom bojila. Ako se toj recepturi doda i vrsta autoriziranog rastera onda je jasno da se radi o vrlo sofisticiranoj metodi grafičke zaštite.

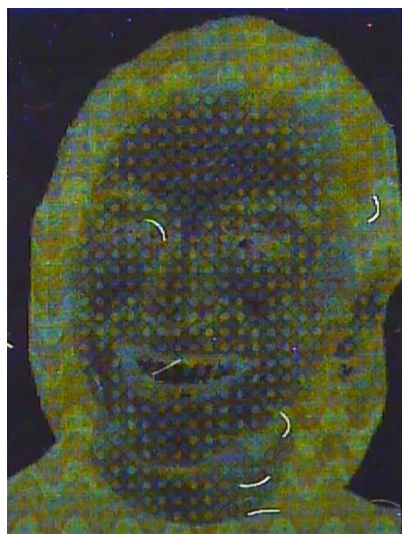
*Tablica 11.1. Početna stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  za sliku 11.9. Portret, profil boje Swop*

Red. br. boje	Boja	$X_0$ , CMY	$X_{40}$ , CMYF
13	Magenta	44,92,38	24,79,14,40
17	Zelena	80,32,75	68,5,56,40
21	Trava	50,38,99	33,14,80,40
24	Stol	50,58,99	31,44,83,40
32	Lješnjak	43,99,79	18,76,56,40





Slika 11.9.a. Zaštitna F/Z grafika sa skrivenim portretom sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar (original u prilogu)



11.9.b. Skriveni portret u grafici, detektiran u UV spektru sa 365 nm



11.9.c. Skriveni portret u grafici, detektiran u NIR spektru sa 1000 nm

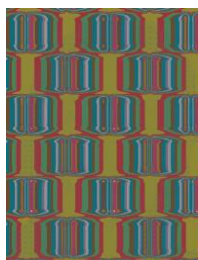
Ovakvi primjeri zaštite portreta računarskom grafikom koja u sebi ima sadržaj bojila za ultraljubičasti, vidljivi i bliski infracrveni spektar mogu imati široku primjenu u zaštiti dokumenata (slike 11.9.a, 11.9.b, 11.9.c, 11.10.a, 11.10.b i 11.10.c). Svi identifikacijski, osobni dokumenti su podložni krivotvorenju.



Iako je bitna standardizacija kriterija po kojima će se oblikovati način primjene F/Z zaštite, jednako je bitna i standardizacija kriterija po kojima je nešto uvršteno u status nužne primjene. Zato je pri tehničkoj standardizaciji F/Z postupka zaštite bitno odgovoriti na sljedeća pitanja: kako primijeniti, gdje primijeniti i što primijeniti. Tako se usvajanjem kriterija standardizacije pri svakom oblikovanju dokumenta kreira: receptura boja i bojila, skriveni sadržaj, vidljivi sadržaj, vrsta tiskovne podloge i tehnologija izrade.

Tablica 11.2. Početna stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  za sliku 11.9. Portret mali, profil boje Swop

Red. br. boje	Boja	$X_0$ , CMY	$X_{40}$ , CMYF
7	Drvo	74,80,95	52,61,78,40
9	Tirkiz	99,43,40	85,10,16,40
13	Magenta	44,92,38	24,79,14,40
15	T. Siva	70,56,36	56,33,4,40
16	S. Siva	45,40,30	28,16,0,40
17	Zelena	80,32,75	68,5,56,40
21	Trava	50,38,99	33,14,80,40
24	Stol	50,58,99	31,44,83,40
32	Lješnjak	43,99,79	18,76,56,40



Slika 11.10.a. Zaštita portreta F/Z grafikom za identifikacijske dokumente (original u prilogu)



11.10.b. Skriveni portret u grafici, detektiran u UV spektru sa 365 nm



11.10.c. Skriveni portret u grafici, detektiran u NIR spektru sa 1000 nm

Za primjer osobne fotografije koje su namijenjene za zaštitu *Domovnica* (pozicija na gornjoj desnoj strani) izvedena su dva rješenja s različitim vrstama rastera. Od toga je jedno rješenje većeg formata (slika 11.9.a), a drugo rješenje je znatno manjeg formata (slika 11.10.a) koji je uobičajen za identifikacijske dokumente. Takve osobne fotografije ulaze u zaštitu identifikacijskih dokumenata.

Izvedeno je spajanje računarske vektorske grafike s konvencionalnom slikom (fotografijom). Razdvajanje ili barijerno skeniranje neće omogućiti spajanje grafike u onaj otisak koji je dan kao originalno rješenje. Ne postoji put prema nazad. Iz separacije za UV i IR stanje nema povratka prema stvaranju piksel i vektorske grafike koja je početak dizajna. Iz gotovog rješenja F/Z grafike nitko ne može ponoviti takav dokument jer nema mogućnosti saznanja potrebnih informacija ostvarene CMYF separacije pri spajanju vektorske i piksel grafike.

Skeniranjem zaštićenog portreta za kojeg su utvrđena stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  ne može se dobiti skrivena slika. Dobila bi se slika u RGB-u koja je u V spektru jednaka, ali nema ni jedan element zaštite. Grafike sa skrivenom osobnom fotografijom dodatno se štite s rasterima kreiranim proizvoljnim numeričkim vrijednostima, koji se također ne mogu ponoviti skeniranjem. Tako oblikovana grafika pristupa sadržaju vrhunskog vrijednosnog dokumenta.

## 12. ZAKLJUČAK

CMYF separacija osigurava jedinstveno skrivanje slike u istoj reprodukciji i njezino prepoznavanje u UV i NIR području. Primjena ove nove metode usmjerena je prema zaštitnom tisku dokumenata i vrijednosnica koji ulazi u novi prostor proširujući sigurnosne sustave u grafičkoj tehnologiji.

Ovim istraživanjem potvrđena je teza označena brojem 1., kojom je izrečena tvrdnja da se algoritamskim miješanjem UV i IR bojila ostvaruje jedinstveno grafičko rješenje za sigurnosni zaštitni tisak dokumenata. Utvrđena je potpuno nova vrsta zaštite sa F bojilom po principu CMYF separacije. CMYF metoda proširuje CMYKIR metodu na novo spektralno područje. Rade se kontrolirane separacije boja u ultraljubičastom i bliskom infracrvenom spektru. Procesno karbon crno bojilo zamjenjuje se s UV fluorescentnim bojilima koji imaju zadani odziv u trima različitim spektrima: UV, V i NIR. Odabrana su dva F bojila:  $F_z$  i  $F_n$ . Bojilo  $F_z$  fluorescira u zelenu, a bojilo  $F_n$  fluorescira u narančastu. Za svako bojilo provedeni su kolorimetrijski proračuni i iteracije s kojima je stvorena mogućnost za izradu F/Z grafika.

Svi dosadašnji eksperimenti sa sigurnosnim nevidljivim i vidljivim ultraljubičastim fluorescentnim bojilima kojima je kreiran cijeli niz boja i tonova nisu dali dobar rezultat iz definiranih postavki boja (Color Settinga) kojom bi se radila separacija. Za kreiranje recepture po matematičkoj metodi pri CMYF separaciji i recepture zamijene F bojila za CMY bilo je potrebno utvrđivanje eksperimentalnim metodama. Matematičkim modelima precizno se za svaku vrstu bojila odredila relacija zbrajanja. Do sada tehnologija skrivanja slike s F bojilom na zaštićenim papirima nije postojala, stoga nije postojala ni formula u postavkama boje za F bojilo i CMYF separaciju.

Nakon eksperimentalnog određivanja postavke boja i profila boja za F bojila, razvijenom CMYF separacijom kreira se skrivena zaštita u dvama spektrima izvan vidljivog područja. Takvo bojilo omogućava beskonačan broj načina dizajniranja zaštite dokumenata. Svaka sljedeća naklada zaštićenog dokumenta može imati novi autoriziran dizajn zaštite. Stvaranjem takvog dokumenta, gdje se skriva slika u slici, dizajner mora planski projektirati sadržaje F/Z grafike s grafikom koja će se vidjeti golim okom. Za ostvarenje razvoja ovakve vrste zaštite bitno je educiranje studenata grafičke struke u primjeni ovakve zaštite. Ne radi se samo o tehnicizmu primjene nove vrste zaštite UV i IR stanja grafike koja se ne vidi golim okom, već

se novo rješenje širi s aspekta grafičke tehnologije u područje dizajnerskog koncepta prenošenja informacija, gdje se skriveni sadržaj stavlja u kontekst s vidljivim sadržajem. Ta komunikacija između skrivene slike i slike koja se vidi golim okom mora nositi jasnu poruku. Tako tehnicizam zaštite dobiva novu vrijednost što će za posljedicu imati reorganizaciju u grafičkoj tehnologiji, jer se primjenjuje vrhunska zaštita koja uvodi novi način dizajniranja i projektiranja zaštitnih elemenata u grafičkoj djelatnosti.

Prema drugoj tezi zaključeno je da se grafika projektira pomoću tri različite informacije ciljano kreirane u jednoj slici za UV, V i NIR spektar. Utvrđeno je da CMYF separacija koristi kontinuirani prostor zamjene cijana, magente i žute F bojom. Pri tome se algoritmom računarske grafike spajaju dvije slike u jednu. Pronađena je vizualna ravnoteža između boja blizanaca kreiranih iz procesnih bojila cijana, magente, žute i bojila F.

Provedeno istraživanje F bojila u ofsetnom tisku koje osigurava dvije potpuno različite slike u tri različita spektra potpuna je novost.

Kako bi se utvrdila odgovarajuća postavka boja i profil boja u ofsetnom tisku za bojilo F, paralelno su rađeni otisci s crnim procesnim bojilom zbog usporedbe. Utvrđene su velike razlike između CMYKIR separacije i CMYF separacije. Zamjenom karbon crne iz skale CMYK sa UV fluorescentnim narančastim  $F_n$  bojilom i fluorescentnim zelenim  $F_z$  bojilom, kod prvih iteracija dobiveni su rezultati s velikim odstupanjima razlike u boji,  $\Delta E$ . Nizom opisanih eksperimenata, testiranja i istraživanja pronadna je skala boja blizanaca za  $F_z$  i  $F_n$  bojila s kojima se mogu izrađivati F/Z grafike.

U V spektru grafika je otisnuta s vidljivim ultraljubičastim bojilom. Istovremeno F bojilo u vidljivom spektru oblikuje grafiku koja nije vidljiva golim okom. Boja je vidljiva, ali ne i grafika. Grafika se skriva u prostoru istog tona boje koji u sebi nema F komponente. Cijela površina daje doživljaj jednoličnog tona boje. Tek se instrumentom za UV detekciju otkriva i prepoznaje ciljano napravljena grafika otisnuta s F bojilom.

Ultraljubičasto vidljivo bojilo na otisku je tamno sivo, a pod izvorom UV svjetla fluorescira u zelenu ili narančastu. Za  $F_n$  bojilo pripremljeno je eksperimentalnom metodom trinaest različitih tonova boja blizanaca, a za  $F_z$  bojilo koje fluorescira u zelenu pripremljeno je devetnaest tonova boja blizanaca za kreiranje F/Z grafika. Tih devetnaest tonova boja blizanaca definirano je strogo zadanim vrijednostima svakog tona boje dobivenog miješanjem CMY procesnih bojila s  $F_z$  bojilom.

Razvijen je UV i IR dizajn s trima stanjima prepoznavanja i skrivanja grafike s velikim brojem različitih tonova boje. Sa F bojilom ostvaren je steganografski dizajn grafike za

ultraljubičasto i infracrveno područje. Otkrivena grafike u NIR području ima sivi ton (siva skala), dok je grafika otkrivena u UV području fluorescentne zelene boje koju daje  $F_z$  bojilo.

Ovim istraživanjem potvrđena je treća teza; da je u projektiranju dokumenata i vrijednosnica moguće postaviti recepture i standarde s numeričkim veličinama za određivanje razlika između originala i krivotvorina. Svaka postava bojila CMYF i odnos papira, ofsetnog stroja i uvjeta tiska daje svoje recepture vrijednosti boja. Utvrđeno je da su u istim uvjetima tiska s istim tiskovnim formama promjenom tiskovne podloge na jednakim pozicijama uzoraka tona boje dobiveni potpuno različiti rezultati izmjerenih vrijednosti  $\Delta E$ . Utvrđena je receptura za vizualno jednake tonove boje, od kojih je jedan kreiran iz CMY, s  $F=0$ , a drugi je kreiran iz CMYF, s  $F=40$ . Dobivene slike skrivene su u UV i NIR području i međusobno se potpuno skrivaju. Cilj je postignut za zaštićeni papir Mould kojem su precizno utvrđena poklapanja u tonovima boje u vidljivom spektru i potvrđena izmjerenim razlikama u boji koje su manje od dva.

Svaka vrsta tiskovne podloge ima svoju recepturu za F bojila. Z faktor je kod svih otisnutih uzoraka boja blizanaca s F bojilima na zaštićenom papiru Mould jednak i iznosi 38%. Unaprijed je definirana vrijednost F boje u svim bojama blizancima. Utvrđene su recepture za  $F_z$  i  $F_n$  bojila za zaštićeni papir Mould u ofsetnoj tehnici tiska s procesnim CMY bojilima. Tako su utvrđene recepture s numeričkim vrijednostima boja blizanaca za kreiranje F/Z grafika. Izračunate postavke diktiraju nanos CMYF bojila. Da bi se dobile čvrste grafike koje će se otkriti u UV i NIR spektru sve kombinacije bojila imaju stalno prisutno 40% F boje. Kod odabranih devetnaest tonova boje za bojilo  $F_z$  na zaštićenom papiru Mould utvrđena su stanja  $X_0$  i  $X_{40}$  s izmjerenim  $\Delta E < 2$ . Kod  $F_n$  bojila utvrđeno je trinaest boja blizanaca koji se u V spektru u potpunosti poklapaju i imaju izmjerene razlike u boji manje od dva.

Slike u oba spektra daje F bojilo koje unaprijed ima zadani ton boje. Za zadane tonove boje izračunavaju se udjeli CMY bojila za dva stanja  $X_0$  i  $X_{40}$ . Kod stanja  $X_0$ , F bojilo ima vrijednost nula. Za stanje  $X_{40}$  F bojilo ima vrijednost  $F=40\%$ .

U infracrvenom području kod barijernog skeniranja otisaka s valnom duljinom od 1000 nm nema utjecaja CMY bojila sa slike iz vidljivog spektra. Otkriven je utjecaj CMY bojila na efekt fluorescencije u ultraljubičastom području. S obzirom na miješanje procesnih bojila cijana, magente i žute skrivena slika u UV području je modulirana, te ima slabiji ili jači

odaziv iako je F komponenta uvijek ista (40%). Uz istu pokrivenost F bojila, različiti su nanosi CMY bojila koji međusobnim miješanjem i različitim nanosima uvjetuju različite tonove na slici otkrivenoj u UV području. U slici u NIR području kod valne duljine od 1000 nm, nema utjecaja CMY bojila. Slika u NIR području je siva.

Zaštita dokumenata ovom metodom zahtijeva tehničku standardizaciju kao tehniku primjene ili gotove izrađene tehničke matrice. U finalnoj industrijskoj primjeni postavljena je mješavina bojila CMY i F po zadanoj recepturi koja će se nuditi kao gotova spot bojila. Od toga će jedno bojilo biti mješavina cijana, magente i žute, a drugo bojilo će biti mješavina cijana, magente, žute i F bojila. Ta spot bojila koja će u ofsetnom tisku davati boje blizance  $F_0F_{40}$  imaju ugrađene recepture prema vrsti tiskovne podloge.

U radu je postavljen novi standard u zaštiti dokumenata koji će u budućnosti imati veliku primjenu i doprinos u grafičkoj tehnologiji zaštitnog tiska. Proširilo se upravljanje ofsetnim bojilima s vidljivog na dva nevidljiva spektra, te je stvorena nova tehnologija sigurnosnog tiska i dizajna grafike u proširenoj stvarnosti na UV, V i NIR područje. Transformacijom boja u separaciji za tri različita spektra, postavljeni su standardi u izradi originalnih F/Z grafika. F/Z grafike izrađene u CMYF separaciji nije moguće krivotvoriti, jer se prolaskom kroz RGB sustav poništavaju svojstva za UV i NIR spektar.

### 13. POPIS LITERATURE

1. K. Pap, I. Žiljak, J. Žiljak-Vujić, "Process Color Management for Producing Double Images" // *Annual 2008 of the Croatian Academy of engineering Book Series: Annual of the Croatian Engineering*, Zagreb, 2008, pp. 395-410, ISSN: 1332-3482 (ISI Proceeding, CPCI-Thomson Reuters)
2. K. Pap, I. Žiljak, J. Žiljak Vujić, "Image Reproduction for Near Infrared Spectrum and the Infraredesign Theory" // *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 54, No. 1, Societyfor Imaging Science and Technology, 2010, pp. 1-9, ISSN 1062-3701 (CC, SCI,SCI-Expanded, IF 0.513)
3. Y.D. Chen, R.S. Berns, L.A. Taplin, F.H. Imai, „Multi-ink color-separation algorithm improving image quality“ // *Journal of Imaging Science & Technology*, Vol. 52, No. 2, George T.-C. Chiu, Purdue Univerity, USA, 2008, pp. 20604-20604 (1), ISSN 1062-3701 (CC, SCI, SCI-Expanded, IF 0.513 )
4. I. Žiljak, "Projektiranje zaštitne grafike s promjenjivim bojama digitalnog tiska u vidljivom i nevidljivom dijelu spektra" // *Doktorska disertacija*, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, 2007.
5. I. Žiljak, K. Pap, J. Žiljak Vujić, "Infrared Design" // *knjiga FotoSoft*, Zagreb, 2008, 117 p., međunarodna recenzija: Andrew Tribute (Eng), Frank Romano (USA), Anastasios E. Politis (Gr) , Darko Agić (Hr), Aleš Hladnik (Slo), Vesna Kropar Vančina (Hr), Kurt Wolf (Germ), ISBN 978-953-7064-09-9,
6. V. Žiljak, K. Pap, I. Žiljak, "CMYKIR security graphics separation in the infrared area" // *Infrared Physics and Technology*, Vol. 52., No. 2-3, Elsevier B.V., 2009, pp. 62-69, ISSN 1350-4495 (CC, SCI, SCI-Expanded, IF 0.932)
7. V. Žiljak, K. Pap, I. Žiljak, "Infrared Hidden CMYK Graphics" // *The Imaging Science Journal*, Vol. 58, No.1, The Royal Photographic Society, Maney Publishing, 2010, pp. 20-27, ISSN:1368-2199 (CC, SCI Expanded, IF 0.260)
8. V. Žiljak, I. Žiljak, K. Pap, J. Žiljak-Vujić, "Infracrveni tisak s procesnim bojama", (Infrared printing with process colors) // *patent 18446744073709551615 HR* (prijava 2008, objava 2010), Državni zavod za intelektualno vlasništvo; sektor za patente P20080466A, Hrvatski glasnik intelektualnog vlasništva 17, 2010, 3, p. 579, ISSN 1847-3024 // Europska razina: European Patent Office EP2165844, Representative: Betten & Resch, Patentwalte, Munchen, DE Available online:



[http://worldwide.espacenet.com/searchResults?DB=EPODOC&submitted=true&locale=en\\_EP&ST=singleline&compact=false&DB=EPODOC&query=EP2165844](http://worldwide.espacenet.com/searchResults?DB=EPODOC&submitted=true&locale=en_EP&ST=singleline&compact=false&DB=EPODOC&query=EP2165844)

9. M. Barišić, K. Pap, I. Žiljak-Stanimirović, V. Žiljak, „Double Image Design in Newspaper Production“ // *Acta Graphica*, Vol. 21, 2010, pp. 27-33, ISSN 0353-4707 (INSPEC)
10. I. Žiljak, K. Pap, J. Žiljak Vujić, “Infrared design on textiles as product protection” // *Tekstil*, Vol. 58, No. 6, Croatian Association of Textile Engineers, 2009, pp. 239-253, ISSN 0492-5882 (SCI Expanded, IF 0.050)
11. I. Žiljak, K. Pap, J. Žiljak-Vujić, „Infrared security graphics” // *knjiga, FotoSoft*, Zagreb, 2009, 194 p., međunarodna recenzija: Andrew Tribute (Eng), Frank Romano (USA), Anastasios E. Politis (Gr), Darko Agić (Hr), Aleš Hladnik (Slo), Vesna Kropar Vančina (Hr), Kurt Wolf (Germ), ISBN 978-953-7064-11—2
12. V. Žiljak, I. Žiljak Stanimirović, K. Pap, “ZRGB aparatura za dualnu detekciju” // *patent P20100451A*, Hrvatski patentni glasnik: 2, 2012, p. 367
13. V. Žiljak, K. Pap, I. Žiljak Stanimirović, J. Žiljak-Vujić, “Development of a Prototype for ZRGB Infraredesign Device” // *Technical Gazette*, Vol.18, No.2, 2011, pp. 153-159, ISSN: 1330-3651 (SCI-Expanded, IF 0.083)
14. I. Žiljak, "Grafika dokumenata sa spot bojama iz ultravioletnog područja" // *Magistarski rad*, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, 2005.
15. H. Kipphan, “Handbook of Print Media” // *Tehnologies and Production Methods*, Springer – Verlag Berlin Heidelberg New York, 2001, pp. 68-111, pp. 130-136, ISBN 3-540-67326-1
16. M. R. de Almeida, D. N. Correa, W. F. C. Rocha, F. J. O. Scaffi, R. J. Poppi, „Discrimination between authentic and counterfeit banknotes using Raman spectroscopy and PLS-DA with uncertainty estimation“ // *Microchemical Journal*, Available online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2012.03.006>
17. I. Žiljak, J. Žiljak Vujić, K. Pap: “Colour Control with Dual Separation for Daylight and Daylight / Infrared Light” // *Proceedings of 35th International Research Conference IARIGAI*, AIDO – Asociacion Industrial de Optica, Color e Imagen, Valencia, 2008, pp.273-279, ISBN: 978-398127040-2
18. I. Žiljak, K. Pap, J. Žiljak Vujić, “The Print of the Double Picture and Infraredesign in the Space of the Security Graphics” // *Proceedings of the 36th International Research Conference of IARIGAI*, Advances in Printing and media technology, Stockholm, (ed. Nils, Enlund, Lovreček, Mladen), 2009, pp. 445-448, ISBN: 987-3-9812704-1-0

19. G. L. Tredoux, M. R. Campanelli, E. N. Chapman, J. D. Kingsley, "System and method for using concealed infrared identifiers to control motion-detecting social computing devices" // *U.S. Patent Application 20100237983*, XEROX CORPORATION, Norwalk, CT, US, 2009, A.No:12/408064
20. H. Konik, V. Lozano, B.Laget, „Color Pyramids for Image Processing“ // Universite Jean Monnet, Equipe Ingenierie de la Vision, CIELab. T.S.I., St.-Etienne (France), *The Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 40, No. 6, November/December 1996, pp 535-542; ISBN / ISSN: 1062-3701
21. K. de Leeuw, J. Bergstra, „The History of Information Security“ // Elsevier, University of Amsterdam, The Netherlands, 2007, p.900, ISBN: 978-0-444-51608-4
22. Pravilnik o raspodjeli dozvola za međunarodni prijevoz tereta. // *Narodne novine*. 120(2005), 106(2006), 102(2007), 130(2008). Dostupno na: <http://narodne-novine.nn.hr/default.aspx>
23. Zakon o prijevozu u cestovnom prometu. // *Narodne novine*. 178(2004), 48(2005), 105(2005), 111(2006), 63(2008). Dostupno na: <http://narodne-novine.nn.hr/default.aspx>
24. Odluka Vlade RH o ispravama i službenim obrascima čiji su sadržaj, oblik, način zaštite i obvezna primjena propisani zakonima i drugim propisima za izdavanje, tiskanje i prodaju zaštićenih službenih obrazaca te ostalih službenih obrazaca. // *Narodne novine*. 50(2011). Dostupno na: [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2011\\_05\\_50\\_1116.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2011_05_50_1116.html)
25. Pravilnik o licencijama za obavljanje djelatnosti javnog cestovnog prijevoza i kolodvorskih usluga. // *Narodne novine*. 87(2005). Dostupno na: [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005\\_07\\_87\\_1723.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_07_87_1723.html).
26. Pravilnik o sadržaju uvjerenja i o načinu vođenja evidencije o položenom ispitu o stručnoj osposobljenosti. // *Narodne novine*. 91(2008). Dostupno na: [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_08\\_91\\_2903.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_08_91_2903.html)
27. Pravilnik o dozvolama za obavljanje linijskog prijevoza putnika. // *Narodne novine*. 118(2005). Dostupno na: [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005\\_10\\_118\\_2164.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_10_118_2164.html)
28. Zakon o prijevozu u cestovnom prometu. // *Narodne novine*. 178(2004). Dostupno na: [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004\\_12\\_178\\_3088.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004_12_178_3088.html)
29. Pravilnik o sadržaju i obliku svjedodžbi i drugih javnih isprava te pedagoškoj dokumentaciji i evidenciji u školskim ustanovama. // *Narodne novine*. 32(2010). Dostupno na: [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010\\_03\\_32\\_749.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010_03_32_749.html)

30. B. Morić Kolarić, I. Budimir, J. Žiljak Vujić, „Understanding graphic protection methods in print production” // *Advances in Printing and Media Technology*, Vol. 39, Darmstadt, Germany, 2012, pp 107-117, ISSN 225-6067, Proceedings of the 39th International Research Conference of Iarigai, Slovenia, 2012.
31. B. Morić Kolarić, I. Budimir, J. Žiljak Vujić, „Efficiency of Printing Technologies of Graphically Protected Materials“ // *Acta Graphica* Vol. 23, No 1-2, Faculty of Graphic Arts, University of Zagreb, Croatia, 2012, pp 37-44, ISSN: 0353-4707, e-ISSN: 1848-3828
32. I. Žiljak, J. Žiljak Vujić, K. Pap, „Design of Security Graphics with Infrared Colours“, *International Circular Of Graphic Education and Research Journal*, Vol.2, Moscow State University of Printing Arts, Moscow, 2009, pp 24-31, ISSN 1868-0712
33. V. Žiljak, K. Pap, J. Žiljak-Vujić, I.Žiljak, “ Infraredesign ili CMYKIR separacija“ // *Inovacijska kultura i tehnologijski razvoj*, Hrvatsko društvo za sustave, Zagreb, 2009, pp 169-174, ISBN 978-953-6065-32-5
34. X-Rite Right On Color. Dostupno na:  
[http://www.xrite.com/documents/literature/gmb/en/SPE\\_Manual\\_Nov07\\_en.pdf](http://www.xrite.com/documents/literature/gmb/en/SPE_Manual_Nov07_en.pdf)
35. Foresic Technology Inc. Dostupno na: <http://www.forensictechnology.com>
36. CIELab vrijednosti za bojila, boje, tinte, ISO tiskarsku standardizaciju i ISO normizaciju tiska, Objavljeno 6. rujna 2012 u CIELab.  
Dostupno na: <http://www.cie.co.at/index.php/index.php>
37. I. Žiljak, K. Pap, V. Žiljak, „Double Separation Method for Translation of the Infrared Information into a Visible Area“ // *Journal of Information and Organizational Sciences*, Vol. 33, No.1, 2009, pp 219-225, ISSN 1846-3312
38. V. Žiljak, K. Pap, I. Žiljak Stanimirović, J. Žiljak Vujić, “Managing dual color properties with the Z-parameter in the visual and NIR spectrum" // *Infrared Physics & Technology*, Vol. 55, Elsevier B.V., 2012, pp 326-336 (CC, SCI, SCI-Expanded)
39. ISO 12647-2:2004, International standard ISO 12647-2, ISO 2004. Dostupno na:  
[http://www.sovsib.ru/color/iso12647\\_en.pdf](http://www.sovsib.ru/color/iso12647_en.pdf)
40. V. Žiljak, Z. Sabati, I. Pogarčić, K. Pap, J. Žiljak Vujić, „Protection of information in documents by implementning individual rastering“ // *Proceedings of the 18th International Conference on Information and Intelligent System* /: Aurer, M. Bača (ur.), Varaždin: Faculty of Organization and Informatics Varaždin, University of Zagreb, 2007, pp 299-302, ISBN: 978-953-6071-30-2

## 14. ŽIVOTOPIS I POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

Branka Morić Kolarić rođena je 05. Studenog 1972. u Zadru. Diplomirala je na Grafičkom fakultetu, Sveučilišta u Zagrebu. 1997. godine. 2005. godine upisuje doktorski studij „Grafičko inženjerstvo i oblikovanje grafičkih proizvoda“ na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Od 1998. godine zaposlena je u tvrtki Narodne novine d.d.. Radi kao pomoćnica direktora u Tiskarskoj djelatnosti Narodnih novina d.d.. Područje njezinog znanstvenog interesa je istraživanje zaštićenih dokumenata, što je ujedno i područje njezina rada.

### POPIS OBJAVLJENIH RADOVA:

1. B. Morić Kolarić, I. Budimir, J. Žiljak Vujić, “Understanding graphic protection methods in print production” // *39th International research conference of IARIGAI, ISSN 2223-8905*, Ljubljana, Slovenija, 2012.
2. B. Morić Kolarić, I. Žiljak Stanimirović „Protection of official documents of the Republic of Croatia” // *Međunarodni znanstveni skup Tiskarstvo 2012 & Design, Zbornik radova Tiskarstvo 2012, pp 116-122*, ISBN 978-953-7064-18-1
3. B. Morić Kolarić, I. Budimir, J. Žiljak Vujić, „Efficiency of printing technologies of graphically protected materials“ // *Acta Graphica znanstveni časopis za tiskarstvo i grafičke komunikacije* 23, 1-2, 2012, pp 37-44, ISSN 0353-4707
4. I. Žiljak Stanimirović, J. Žiljak Vujić, B. Morić Kolarić, M. Rudolf, „Security printing with colorant control in the UV, visual and INFRARED spectrum“ // *Journal of society for development of teaching and business processes in new net environment in B&H* 8, 2, 2013, pp 480-485, ISSN 1840-1503

## 15. POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA

### 15.1. Popis slika

Slika 6.1. Primjer autoriziranog holograma DMRH .....	24
Slika 6.2. Slika obrasca Izvadak iz matice rođenih .....	25
Slika 6.3. Primjer autoriziranog vodenog znaka u zaštićenom papiru Mould .....	26
Slika 7.1. Barijerno skeniran zaštićeni papir Sihl .....	32
Slika 7.2. Barijerno skeniran zaštićeni papir Mould .....	33
Slika 7.3. Spektrofotometar X-rite Spectroeye .....	34
Slika 7.4. Uređaj za barijerno skeniranje Projectina Docubox forenzic system PIA 6000 .....	35
Slika 8.1. Utjecaj profila boja, izvor: aplikacija Adobe Photoshop .....	47
Slika 8.2. Barijerno skeniranje otiska Zelene 1 i Zelene 2, papir ofsetni .....	50
Slika 8.3. Utvrđivanje postavke boja za ofsetni i mat kunstdruck papir .....	52
Slika 8.4. Uzorak s tri elementa, primjer iz postavke Fogra 39 i Swop .....	52
Slika 8.5. Prilagođena postavka boje za višebojni ofsetni tisak.....	53
Slika 8.6. Izmjereni $\Delta E$ za 10 različitih postavki boja, papir mat kunstdruck .....	54
Slika 8.7. Izmjereni $\Delta E$ za 10 različitih postavki boja, papir ofsetni .....	55
Slika 8.8. $\Delta E$ za Tisak 1 (70% CIJAN + 30% UV nevidljiva fluo plava), ofsetni papir .....	58
Slika 8.9. $\Delta E$ za Tisak 2 (70% MAGENTA + 30% UV nevidljiva fluo crvena), ofsetni papir .....	58
Slika 8.10. $\Delta E$ za Tisak 3 (70% ŽUTA + 30% UV nevidljiva fluo žuta), ofsetni papir .....	59
Slika 8.11. $\Delta E$ za Tisak 4 (70% BLACK + 30% UV nevidljiva fluo plava), ofsetni papir ....	59
Slika 8.12. Fluorescencija iz Tiska 2, CM(70%M+30%UV)YK, barijerno skeniran otisak ..	60
Slika 8.13. Oznake polja na boji .....	62
Slika 8.14. Sedam odabranih boja za utvrđivanje raspona Fn bojila .....	62
Slika 8.15. Recepture za F bojilo, izvor: Adobe Photoshop .....	64
Slika 8.16. Kanal Fn i K boje .....	67
Slika 8.17. Barijerno skeniranje otisaka crvene boje Pantone 7435, papir zaštićeni Sihl .....	69
Slika 8.18. Raspon F bojila crvene boje Pantone 7435 .....	69
Slika 8.19. Barijerno skeniranje otisaka crvene boje Pantone 7435, papir mat kunstdruck ...	69
Slika 8.20. Barijerno skeniranje otisaka svjetlo smeđe boje Pantone 874, papir zaštićeni Sihl .....	70

Slika 8.21. Raspon F bojila svjetlo smeđe boje Pantone 874 .....	70
Slika 8.22. Barijerno skeniranje otisaka svjetlo smeđe boje Pantone 874, papir mat kunstdruck .....	70
Slika 8.23. Barijerno skeniranje otisaka plave boje Pantone 541 na zaštićenom papiru Sihl i mat kunstdruck papiru, s valnom duljinom od 254 nm .....	71
Slika 8.24. Barijerno skeniranje otiska plave boje Pantone 541 na zaštićenom papiru Sihl i mat kunstdruck papiru, s valnom duljinom od 365 nm .....	72
Slika 8.25. Barijerno skeniranje otiska punog tona Fn bojila na zaštićenom papiru Sihl .....	77
Slika 8.26. Barijerno skeniranje otiska punog tona Fn bojila na papiru mat kunstdruck .....	78
Slika 8.27. Barijerno skeniranje otiska punog tona Fn bojila na ofsetnom papiru .....	78
Slika 8.28. $\Delta E$ novih boja blizanaca, bojila CMYF <sub>n</sub> , otisak na mat kustrdruck papiru 115 g/m <sup>2</sup> ..	80
Slika 8.29. $\Delta E$ novih boja blizanaca, bojila CMYF <sub>n</sub> , otisak na ofsetnom papiru 100 g/m <sup>2</sup> .....	81
Slika 8.30. Barijerno skeniran otisak na mat kunstdruck papiru .....	82
Slika 8.31. Barijerno skeniran otisak na ofsetnom papiru .....	82
Slika 8.32. Šesnaest ciljanih boja stanja X <sub>0</sub> s 216 izvedenica tona ciljane boje stanja X <sub>40</sub> , zaštićeni papir Sihl, bojila CMYF <sub>n</sub> i CMYF <sub>z</sub> .....	85
Slika 8.33. Šesnaest ciljanih boja stanja X <sub>0</sub> s 216 izvedenica tona ciljane boje stanja X <sub>20</sub> , zaštićeni papir Sihl, bojila CMYF <sub>n</sub> i CMYF <sub>z</sub> .....	85
Slika 8.34. Podudaranje tonova boje za stanje X <sub>40</sub> CMYF <sub>n</sub> i stanje X <sub>0</sub> CMY, zaštićeni papir Sihl .....	87
Slika 8.35. Podudaranje tonova boje za stanje X <sub>40</sub> CMYF <sub>z</sub> i stanje X <sub>0</sub> CMY, zaštićeni papir Sihl .....	87
Slika 8.36. Trideset i dvije ciljane boje X <sub>0</sub> s 216 kombinacija tona boje X <sub>40</sub> , bojila CMYF <sub>n</sub> i CMYF <sub>z</sub> , papir zaštićeni Mould .....	89
Slika 9.1. Kanali skupa kvadratića izabranog uzorka boje broj 9 Tirkiz, $\Delta E=1.22$ , CMYF <sub>z</sub> .....	97
Slika 9.2. Barijerno skeniran otisak odabrane boje 6 Bor, bojila CMYF <sub>z</sub> , papir zaštićeni Molud .....	99
Slika 9.3. Barijerno skeniran otisak odabrane boje 9 Tirkiz, bojila CMYF <sub>z</sub> , papir zaštićeni Molud .....	99
Slika 9.4. Barijerno skeniran otisak odabrane boje 16 S. siva, bojila CMYF <sub>z</sub> , papir zaštićeni Molud .....	99
Slika 9.5. Barijerno skeniran otisak odabrane boje 17 Zelena, bojila CMYF <sub>z</sub> , papir zaštićeni Molud .....	99

Slika 9.6. Barijerno skeniran otisak odabrane boje 31 Kesten, bojila CMYF <sub>Z</sub> , papir zaštićeni Molud .....	99
Slika 9.7. Barijerno skeniran otisak odabrane boje Tirkiz, bojila CMYF <sub>n</sub> , papir zaštićeni Molud .....	101
Slika 9.8. Barijerno skeniran otisak odabrane boje Lisica, bojila CMYF <sub>n</sub> , papir zaštićeni Molud .....	101
Slika 9.9. Barijerno skeniran otisak odabrane boje Tamno siva, bojila CMYF <sub>n</sub> , papir zaštićeni Molud .....	102
Slika 9.10. Barijerno skeniran otisak odabrane boje Pšenica, bojila CMYF <sub>n</sub> , papir zaštićeni Molud .....	102
Slika 9.11. Barijerno skeniran otisak odabrane boje Malina, bojila CMYF <sub>n</sub> , papir zaštićeni Molud .....	102
Slika 10.1.a. Računarska apstraktna grafika Izložba, koja u sebi ima skrivenu sliku Umjetničkog paviljona sa sadržajem bojila UV, V i NIR spektra .....	106
Slika 10.1.b. Ciljano projektirana slika Umjetničkog paviljona, skrivena u grafici Izložba i detektirana u UV spektru sa 365 nm .....	106
Slika 10.1.c. Ciljano projektirana slika Umjetničkog paviljona, skrivena u grafici Izložba i detektirana u NIR spektru sa 1000 nm .....	106
Slika 10.2.a. Računarska apstraktna grafika Logo koja u sebi ima skrivenu sliku Umjetničkog paviljona sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar .....	108
Slika 10.2.b. Ciljano projektirana slika Umjetničkog paviljona, skrivena u grafici Logo i detektirana u UV spektru sa 365 nm .....	108
Slika 10.2.c. Ciljano projektirana slika Umjetničkog paviljona, skrivena u grafici Logo i detektirana u NIR spektru sa 1000 nm .....	108
Slika 10.3. Kanal F boje iz originalne slike Umjetničkog paviljona.....	109
Slika 10.4. Kanal F boje nakon transferiranja originala iz CMYK u RGB, iz RGB u CMYK .....	109
Slika 10.5.a. Računarska apstraktna grafika Gradec, koja u sebi ima skrivenu sliku Crkve sv. Marka sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar .....	111
Slika 10.5.b. Crkva Sv. Marka, skrivena slika u grafici Gradec, UV spektar, 365 nm .....	111
Slika 10.5.c. Crkva Sv. Marka, skrivena slika u grafici Gradec, NIR spektar, 1000 nm .....	111
Slika 10.6.a. Računarska apstraktna grafika Uspinjača, koja u sebi ima skrivenu sliku Crkve sv. Marka sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar .....	113
Slika 10.6.b. Crkva Sv. Marka, skrivena slika u grafici Uspinjača, UV spektar, 365 nm .....	113



Slika 10.6.c. Crkva Sv. Marka, skrivena slika u grafici Uspinjača, NIR spektar, 1000 nm .....	113
Slika 10.7.a. Računarska apstraktna grafika Scena, koja u sebi ima skrivenu sliku Hrvatskog narodnog kazališta sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar .....	115
Slika 10.7.b. Ciljano projektirana slika Hrvatskog narodnog kazališta u Zagrebu, skrivena u grafici Scena i detektirana u UV spektru sa 365 nm .....	115
Slika 10.7.c. Ciljano projektirana slika Hrvatskog narodnog kazališta u Zagrebu, skrivena u grafici Scena i detektirana u NIR spektru sa 1000 nm .....	115
Slika 10.8.a. Računarska apstraktna grafika Riva, koja u sebi ima skrivenu sliku Dioklecijanove palače sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar .....	117
Slika 10.8.b. Ciljano projektirana slika Dioklecijanove palače, skrivena u grafici Riva i detektirana u UV spektru sa 365 nm .....	117
Slika 10.8.c. Ciljano projektirana slika Dioklecijanove palače, skrivena u grafici Riva i detektirana u NIR spektru sa 1000 nm .....	117
Slika 10.9.a. Računarska apstraktna grafika Varoš, koja u sebi ima skrivenu sliku Dioklecijanove palače sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar .....	119
Slika 10.9.b. Ciljano projektirana slika Dioklecijanove palače, skrivena u grafici Varoš i detektirana u UV spektru sa 365 nm .....	119
Slika 10.9.c. Ciljano projektirana slika Dioklecijanove palače, skrivena u grafici Varoš i detektirana u NIR spektru sa 1000 nm .....	119
Slika 10.10.a. Računarska apstraktna grafika Prokurative, koja u sebi ima skrivenu sliku Dioklecijanove palače sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar .....	121
Slika 10.10.b. Ciljano projektirana slika Dioklecijanove palače, skrivena u grafici Prokurative i detektirana u UV spektru sa 365 nm .....	121
Slika 10.10.c. Ciljano projektirana slika Dioklecijanove palače, skrivena u grafici Prokurative i detektirana u NIR spektru sa 1000 nm .....	121
Slika 10.11.a. Računarska grafika Zalazak sunca, koja u sebi ima sadržaj bojila za UV, V i NIR spektar .....	124
Slika 10.11.b. Barijerno skeniran otisak grafike Zalazak sunca, UV spektar, 365 nm .....	124
Slika 10.11.c. Barijerno skeniran otisak grafike Zalazak sunca, NIR spektar, 1000 nm .....	124
Slika 11.1.a. Originalan otisak Domovnice 1 sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru .....	130
Slika 11.1.b. Barijerno skeniran otisak Domovnice 1, UV i NIR stanje .....	131
Slika 11.2.a. Originalan otisak Domovnice 2 sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru .....	132

Slika 11.2.b. Barijerno skeniran otisak Domovnice 2, UV i NIR stanje .....	133
Slika 11.3.a. Originalan otisak Domovnice 3 sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru .....	134
Slika 11.3.b. Barijerno skeniran otisak Domovnice 3, UV i NIR stanje .....	135
Slika 11.4.a. Originalan otisak Domovnice 4 sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru .....	136
Slika 11.4.b. Barijerno skeniran otisak Domovnice 4, UV i NIR stanje .....	137
Slika 11.5.a. Originalan otisak Domovnice 5 sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru .....	138
Slika 11.5.b. Barijerno skeniran otisak Domovnice 5, UV i NIR stanje .....	139
Slika 11.6.a. Originalan otisak Domovnice 6 sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru .....	140
Slika 11.6.b. Barijerno skeniran otisak Domovnice 6, UV i NIR stanje .....	141
Slika 11.7.a. Originalan otisak Domovnice 7 sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru .....	142
Slika 11.7.b. Barijerno skeniran otisak Domovnice 7, UV i NIR stanje .....	143
Slika 11.8.a. Originalan otisak Domovnice 8 sa UV, V i NIR svojstvima na zaštićenom papiru .....	144
Slika 11.8.b. Barijerno skeniran otisak Domovnice 8, UV i NIR stanje .....	145
Slika 11.9.a. Zaštitna F/Z grafika sa skrivenim portretom sa sadržajem bojila za UV, V i NIR spektar .....	148
Slika 11.9.b. Skriveni portret u grafici, detektiran u UV spektru sa 365 nm .....	148
Slika 11.9.c. Skriveni portret u grafici, detektiran u NIR spektru sa 1000 nm .....	148
Slika 11.10.a. Zaštita portreta F/Z grafikom za identifikacijske dokumente .....	149
Slika 11.10.b. Skriveni portret u grafici, detektiran u UV spektru sa 365 nm .....	149
Slika 11.10.c. Skriveni portret u grafici, detektiran u NIR spektru sa 1000 nm .....	149

## 15.2. Popis tablica

Tablica 5.1. Najpoznatije vrste zaštita u papiru, tisku i boji. Prikazani su podaci koji pokazuju koje su zaštite najpoznatije među ispitanicima. ....	18
Tablica 5.2. Zaštite koje ispitanici drže najučinkovitijim protiv krivotvorenja prikazane su u postocima po skupinama. ....	19
Tablica 5.3. Prosječan broj svih prepoznatih grafičkih zaštita .....	21
Tablica 7.1. Svojstva procesnih bojila Huber Rapida prema ISO 2836 / 12040 .....	30
Tablica 7.2. Specifikacija bijelog ofsetnog papira (Mondi) .....	31
Tablica 7.3. Specifikacija papira mat kunstdruck (Europapier, Master coat, MATT) .....	32
Tablica 8.1. CIELab vrijednosti ofsetnih bojila za ISO standard .....	38
Tablica 8.2. ISO 12647-2:2004 za ofsetni tisak, dopuštene tolerancije $\Delta E$ u reprodukciji originala .....	43
Tablica 8.3. Rezultati miješanja crnog procesnog bojila i nevidljivog UV fluorescentnog bojila .....	48
Tablica 8.4. Recepture miješanja bojila .....	48
Tablica 8.5. Rezultati otisnutih kombinacija RTV Zelene 1 i Zelene 2 .....	49
Tablica 8.6. Rezultati izmjerenih najnižih vrijednosti $\Delta E$ za svaki profil boje i dvije vrste papira .....	55
Tablica 8.7. Receptura miješanja procesnih bojila s UV fluorescentnim bojilima .....	57
Tablica 8.8. Četiri recepture miješanja pojedinog ofsetnog procesnog bojila s nevidljivim UV fluorescentnim bojilom u četiri tiskarska procesa .....	57
Tablica 8.9. Izmjerene prosječne vrijednosti $\Delta E$ sa otisaka na mat kunstdruck i zaštićenom papiru Sihl, usporedba CMYF <sub>n</sub> (F <sub>n</sub> fluorescira u narančastu) i CMYK .....	65
Tablica 8.10. Utjecaj tiskovne podloge na fluorescenciju, vrijednost tonova boje barijerno skeniranih otisaka na mat kunstdruck papiru i zaštićenom papiru Sihl, profil boje Swop .....	73
Tablica 8.11. $\Delta E$ vrijednosti tonova boje koji se podudaraju, potrebnih za skrivanje slike ...	74
Tablica 8.12. Kolorimetrijske vrijednosti otisnutih bojila F <sub>n</sub> i F <sub>z</sub> na različitim tiskovnim podlogama .....	76
Tablica 8.13. Utvrđene CIELab vrijednosti boje barijerno skeniranog otiska punog tona F <sub>n</sub> bojila na različitim tiskovnim podlogama, profil Swop .....	79
Tablica 8.14. Spajanje dviju boja (Žuta i Crvena) .....	83
Tablica 8.15. Zbrajanje kontinuiteta dviju boja, ulazne vrijednosti boja, profil boja Swop.....	83

Tablica 9.1. Minimalni utvrđeni i izmjereni $\Delta E$ boja blizanaca između $CMYF_z$ ( $F_z$ fluorescira u zeleno) i $CMY$ , mjerenje ofsetnih otisaka spektrofotometrom, papir zaštićeni Mould .....	91
Tablica 9.2. Usporedba utvrđenih pozicija s najnižim vrijednostima $\Delta E$ otisaka sa fluorescentnim zelenim i procesnim bojilima $CMYF_z$ sa otiscima $CMYF_n$ i $CMYK$ .....	93
Tablica 9.3. Minimalni utvrđeni i izmjereni $\Delta E$ boja blizanaca između $CMYF_n$ i $CMY$ , mjerenje ofsetnih otisaka spektrofotometrom, papir zaštićeni Mould .....	94
Tablica 9.4. Usporedba utvrđenih pozicija s najnižim vrijednostima $\Delta E$ otisaka sa fluorescentnim narančastim i procesnim bojilima $CMYF_n$ sa otiscima $CMYF_z$ i $CMYK$ .....	96
Tablica 9.5. Minimalni $\Delta E$ tona boje između $CMYK$ i $CMY$ za usporedbu sa $CMYF_n$ i $CMYF_z$ .....	96
Tablica 9.6. Stanja $X_0$ i $X_{40}$ boja blizanaca, bojila $CMYF_z$ , papir zaštićeni Mould .....	98
Tablica 9.7. Kolorimetrijska vrijednost odabranih uzoraka boja, stanja UV i IR, bojila $CMYF_z$ , papir zaštićeni Molud, profil boje Swop .....	100
Tablica 9.8. Stanja $X_0$ i $X_{40}$ boja blizanaca, bojila $CMYF_n$ , papir zaštićeni Mould .....	101
Tablica 9.9. Kolorimetrijska vrijednost odabranih uzoraka boja, stanja UV i IR, bojila $CMYF_n$ , papir zaštićeni Molud, profil boje Swop .....	102
Tablica 10.1. Početna stanja $X_0$ i $X_{40}$ za apstraktnu grafiku Izložba, profil boje Swop.....	105
Tablica 10.2. Početna stanja $X_0$ i $X_{40}$ za apstraktnu grafiku Logo, profil boje Swop .....	107
Tablica 10.3. Početna stanja $X_0$ i $X_{40}$ za apstraktnu grafiku Gradec, profil boje Swop .....	110
Tablica 10.4. Početna stanja $X_0$ i $X_{40}$ za apstraktnu grafiku Uspinjača, profil boje Swop ....	112
Tablica 10.5. Početna stanja $X_0$ i $X_{40}$ za apstraktnu grafiku Scena, profil boje Swop .....	114
Tablica 10.6. Početna stanja $X_0$ i $X_{40}$ za apstraktnu grafiku Riva, profil boje Swop .....	116
Tablica 10.7. Početna stanja $X_0$ i $X_{40}$ za apstraktnu grafiku Varoš, profil boje Swop .....	118
Tablica 10.8. Početna stanja $X_0$ i $X_{40}$ za apstraktnu grafiku Prokurative, profil boje Swop .....	120
Tablica 10.9. Početna stanja $X_0$ i $X_{40}$ za apstraktnu grafiku Zalazak sunca, profil boje Swop .....	123
Tablica 10.10. UV i NIR stanje barijerno skeniranog otiska grafike Zalazak sunca .....	125
Tablica 11.1. Početna stanja $X_0$ i $X_{40}$ za sliku 11.9. Portret, profil boje Swop .....	147
Tablica 11.2. Početna stanja $X_0$ i $X_{40}$ za sliku 11.9. Portret mali, profil boje Swop .....	149

### 15.3. Popis grafikona

Grafikon 5.1. Odnos između najpoznatijih i najučinkovitijih zaštita među ispitanicima ..... 20

Grafikon 8.1. Područje istraživanja energije pojedinog svjetla u nanometrima ..... 40