

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB**

**ZAVRŠNI RAD**

Ivona Karačić

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB**

Smjer: Tehničko - tehnološki

**ZAVRŠNI RAD**

**UTJECAJ ODABIRA PAPIRNE TISKOVNE  
PODLOGE NA OPTIČKI EFEKT  
FLUORESCENTNIH TISKARSKIH BOJA**

Mentor:  
Doc.dr.sc. Maja Stržić Jakovljević

Student:  
Ivona Karačić

Zagreb, 2022.

## SAŽETAK

U završnom radu obrazložen je utjecaj odabira papirne tiskovne podloge na optički efekt fluorescentnih tiskarskih boja.

U teorijskom dijelu obrađen je sami razvoj fluorescentne tiskarske boje za posebne namjene i razvoj tehnike sitotiska. U eksperimentalnom dijelu prikazano je otiskivanje fluorescentne tiskarske boje koristeći tehniku sitotiska na osam različitih tiskovnih podloga, te je gotovim otiscima i papirnim tiskovnim podlogama mjeren optički efekt, opća i optička svojstva.

### **Ključne riječi:**

Fluorescentne tiskarske boje, sitotisak, tiskovna podloga.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>2</b>
2.1 Tiskarske boje .....	2
2.2 Fluorescentne tiskarske boje .....	2
2.2.1 <i>Povijest fluorescentnih boja.....</i>	<i>3</i>
2.2.2 <i>Vrste fluorescentnih pigmenata .....</i>	<i>3</i>
2.3 Sitotisak .....	5
2.3.1 <i>Povijest sitotiska .....</i>	<i>5</i>
2.3.2 <i>Primjena sitotiska danas.....</i>	<i>6</i>
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>7</b>
3.1 Metodologija rada .....	7
3.2 Korišteni materijali .....	10
3.3 Korišteni uređaji .....	13
3.4 Rezultati mjerenja .....	18
3.4.1 <i>Karakterizacija tiskovnih podloga.....</i>	<i>18</i>
3.4.2 <i>Spektrofotometrijska mjerenja otisaka .....</i>	<i>22</i>
<b>4. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>28</b>
<b>5. LITERATURA.....</b>	<b>29</b>

# 1. UVOD

Fluorescentne tiskarske boje mogu se svrstati u skupinu boja za posebne namjene. Razlog tome je njihov karakterističan optički efekt, zbog kojeg se često koriste u tisku različitih vrsta signalizacije i ostalih posebnih oznaka koje moraju biti brzo i lako uočljive.

Za potrebe ovog rada fluorescentna tiskarska boja otiskivat će se tehnikom sitotiska na različite vrste tiskovnih podloga; premazani, nepremazani i reciklirani papir. Optički efekt otisnute boje mjerit će se spektrofotometrom u vidljivom dijelu spektra. Karakterizirat će se opća i optička svojstva tiskovnih podloga; debljina, gramatura, prostorna masa, specifični volumen, bjelina, svjetlina i opacitet. Cilj ovog rada je istražiti utjecaj različitih vrsta papirnih tiskovnih podloga na optički efekt fluorescentnih tiskarskih boja.

## **2. TEORIJSKI DIO**

### **2.1 Tiskarske boje**

Tiskarske boje sastoje se od pigmenata i veziva, imaju određeno obojenje, te se u procesu tiska vežu na tiskovnu podlogu. Glavna funkcija tiskarskih boja je stvoriti kontrast. Tiskarske boje mogu biti tekuće i pastozne. Sastav tiskarskih boja ovisi o samoj tehnici tiska, a prenose se pomoću tiskarskih strojeva. Dijelimo ih prema tehnikama tiska za; visoki, duboki, plošni, propusni, digitalni tisak. Mogu se nazvati i funkcionalnim bojama, jer tiskarska boja za posebne namjene ima posebnu funkcionalnost. Razlikujemo mirisne tiskarske boje, metalizirane tiskarske boje, elektrovodljive tiskarske boje, fosfluorescentne tiskarske boje, fluorescentne tiskarske boje. Svaka od ovih spomenutih tiskarskih boja imaju drugačiji specijalni efekt koji im daje određenu funkcionalnost. Tiskarske boje za posebne namjene izazivaju veliku pozornost u očima promatrača. Najčešće se upotrebljavaju kao specijalni efekti na koricama knjiga, ambalažama, u promotivnim i marketinškim svrhama, te dizajnerskim rješenjima. Zbog nemogućeg krivotvorenja posebnih efekata koriste se i u zaštitnom tisku (ulaznice, dokumenti, itd.) Primjena tiskarskih boja za posebne namjene postaje sve veća, te se očekuje da će u budućnosti imati široku primjenu [1].

### **2.2 Fluorescentne tiskarske boje**

Fluorescentne tiskarske boje su vrlo žarke boje koje pod dnevnim i UV svjetlom daju jedinstveni efekt fluorescencije. Taj efekt omogućuje mješavina fluorescentnih pigmenata koji apsorbiraju ultraljubičasto zračenje i baza visokog stupnja opaciteta. Fluorescentne tiskarske boje imaju mogućnost emitiranja boje valnih duljina koje su veće od konvencionalnih tiskarskih boja [1]. One ustvari nisu fluorescentne sve dok se njihov pigment ne usitni u fini prah, te dispergira u smoli koja je termoplastična. Fluorescentni pigment je tvar koja je kemijski čista i kruta te kada se pomiješa s prikladnom smolom daje obojenje tiskarskoj boji. Rhodaminu B je organski spoj tj. pigment koji je fluorescentan i od njega dolazi do stvaranje fluorescentne tiskarske boje [4]. Prema istraživanjima, fluorescentne tiskarske boje više privlače pažnju od

konvencionalnih, te se iz tog razloga primjenjuju u cilju signalizacije kao npr. u prometu. Kod korištenja fluorescentnih tiskarskih boja za reklamu, one privlače 60% više pogleda u odnosu na reklame tiskane s konvencionalnim bojama, dok kod korištenja fluorescentnih tiskarskih boja kod ambalaže postotak se povećava na 66%. Fluorescentne tiskarske boje dostupne su za ofsetni tisak, fleksotisak, duboki tisak, ink jet, sitotisak. Ako se tiska na svijetlu ili bijelu tiskovnu podlogu, učinak fluorescencije se povećava. Uzrok toga su fluorescentni pigmenti koji nemaju velik efekt obojenja za razliku od konvencionalnih pigmenata, tj. polutransparentni su te je potrebno nanositi dva sloja boje. Također, jako je bitna debljina sloja same boje na otisku, jer njegovim porastom povećava se stupanj fluorescencije. Tiskati je moguće na raznovrsnim tiskovnim podlogama, od papira, pa sve do tekstila [1].

### **2.2.1 Povijest fluorescentnih boja**

1930. godine Joe Switzer i Bob Switzer otkrili su fluorescentne pigmente vidljive na danjem svjetlu. Eksperimentirali su s različitim načinima kombiniranja određene boje i smole kako bi dobili daleko svjetliju boju nego normalnu i to je imalo jedinstveni učinak sjaja pod UV svjetlom. U početku su se te nove boje i efekti koristili za mađioničarske predstave, scenske predstave te promotivne plakate za filmove. 1963. godine počeli su surađivati s tvrtkom u Clevelandu, Ohio, koja se bavila proizvodnjom filmskih plakata. Prilikom Drugog svjetskog rata naglasak fluorescentnih pigmenata teži proizvodnji svijetlih ploča za vojsku koje su služile u svrhu signalizacije. Završetkom rata fluorescentni pigmenti nastavljaju se koristiti za vanjske reklamne panoe [2].

### **2.2.2 Vrste fluorescentnih pigmenata**

Razlikujemo tri vrste fluorescentnih pigmenata; anorganski fluori, optički izbjeljivači i fluorescentni pigmenti vidljivi na dnevnom svjetlu. Svaki od ovih pigmenata koristi se za posebnu primjenu radi optičkih i kemijskih svojstava te se izuzetno razlikuju u kemijskoj strukturi [3].

Anorganski fluorescentni pigmenti iako su veoma stabilni, imaju djelom ograničenu

primjenu zbog velike količine negativnih svojstava. Općenito su blago otrovni zbog pojavnosti teških metala, a jedino osvjetljavanjem UV zračenja moguće je doći do pravog vizualnog efekta. Zbog veoma niske kvante učinkovitosti imaju iznimno nizak vidljivi efekt. Nekolicina anorganskih fluorescentnih pigmenata ima sposobnost da budu dijelom i fosforescentni, a to je nekad također negativna pojava. Najčešće se svode na kadmij sulfidu ili cinkovom sulfidu kombinirano sa sitnom količinom zemljanih elemenata koji su rijetki ili prijelazni. Što se tiče same primjene anorganskih fluorescentnih pigmenata uglavnom se koriste za sigurnosne oznake na dokumentima (oznake koje su nevidljive npr. kod novčanica), kod CRT cijevi (katodne cijevi), svjetiljki koje su fluorescentne. U novoj primjeni anorganskih fluorescentnih pigmenata zasnivaju se na njihovoj stabilnosti, a to je standard fluorescencije koji se kombinira na visokoj temperaturi zajedno sa fluorokarbonskim smolama [3].

Posebna skupina fluorescentnih pigmenata su optički izbjeljivači. To su organski spojevi koji imaju veoma posebna fluorescentna svojstva, te mogu imati raznovrsne oblike. Koriste se u industriji papira i plastike kako bi se materijal izbjedio, te i u tekstilu. Emitiraju od 430-460 nm, dok im je najveća pobuda od 340-400 nm valne duljine. Njihovo djelovanje svodi se na to da se dodaje plava komponenta koja služi za sprječavanje žutosti u papiru i tekstilu gdje zauzimaju UV zračenje i emitiraju ga u vidljivom dijelu spektra. Za optičke izbjeljivače može se reći da su funkcionalne skupine u kombinaciji s organskim spojevima koji su visoko nezasićeni i modificirani kako bi se dobila što bolja apsorpcija i topljivost ovisno o vrsti podloge koja se koristi. Što se tiče same proizvodnje i primjene ovih pigmenata može se reći da spadaju u višemilijunsku industriju kroz cijeli svijet [3].

U relativno novu i veoma često upotrebljenu klasu organskih spojeva spadaju fluorescentni pigmenti koji imaju sposobnost vidljivosti na dnevnom svjetlu. Ovaj tip fluorescentnih pigmenata ima maksimalnu emisiju te pobudu u vidljivom dijelu spektra, te iz tog razloga govorimo da svako svjetlo ima mogućnost izazvati njihovu pobudu. Ova vrsta pigmenata upotrebljava se kod sigurnosnih oznaka (zaštita na prometnim znakovima ili odjeći). Fluorescentni pigment učestalo se kombinira



zajedno s reflektirajućim materijalom iz razloga korištenja tijekom noći jer znatnije povećava vidljivost pigmenata [3].

## **2.3 Sitotisak**

Sitotisak ili serigrafija tehnika je direktnog propusnog tiska gdje su tiskovni elementi propusni, a slobodne površine nepropusne. Pripada najstarijim tehnikama tiska, a otisak nastaje propuštanjem boje kroz mrežicu. Tiskovnu formu namijenjenu za sitotisak zovemo "sito", koje se sastoji od : okvira, šablone i mrežice. Šablonu (otvorena i zatvorena područja) je potrebno izraditi za svaku novu upotrebu [5].

Izrađena je od okvira koji može biti drveni ili metalni , a na njega se napinje mrežica. Materijal od mrežice može biti od prirodnih materijala, poliestera ili metala. Veličina tiskovnih elemenata ovisi o linijaturi mrežice. Velika prednost sitotiska je što imamo, ovisno o debljini mrežice, drugačije debljine nanosa boje, a debljina osigurava značajnu stabilnost. Sitotisak ima raširenu primjenu, a prednost je tisak na raznolikim materijalima kao što su: tkanina, keramika, metal, drvo, plastika, staklo. Također tehnika sitotiska koristi značajan izbor boja s raznolikim efektima [6].

### **2.3.1 Povijest sitotiska**

Tehnika sitotiska prvi put je uvedena u Kini od 960. do 1279. godine, gdje se tiskalo na tkaninu. Nakon Kine, tehniku sitotiska usvajaju Japanci i druge azijske kulture, a u Europi se počinje širiti mnogo kasnije [7]. Mrežasto sito satkano je od ljudske kose dugotrajnim postupkom sljepljivanja. U Japanu se, za nastajanje mrežice počela upotrebljavati i svila, te se za tiskovnu podlogu koristio papir sačinjen od riže [6]. Sitotisak stiže u Europu u 18. stoljeću, ali se tehnika sitotiska razvijala veoma sporo zbog manje dostupnih materijala i visoke cijene [7]. Sitotisak je prvo stigao u Englesku, a upotrebljavali su ga za ukrašavanje zidova. Mladi slikar iz Manchestera u svemu tome video je napredak te je osmislio okvir napravljen od drveta, a preko njega je natezao mrežicu od svile. On je također osmislio i emulziju, koja je imala svrhu da zatvori očice na mrežici, kako bi se blokirao prolaz boje tako da boja prolazi jedino na mjestima gdje se nalaze očice. Kvalitetnija i jeftinija zamjena za svilu, bio je poliester koji dolazi u upotrebu nakon Drugog svjetskog rata. Mogao se

upotrebljavati višekratno, što je sa svilenim nitima bilo veoma teško postići. Takva vrsta tiska koristila se za tisak majica timova za kuglanje. Sitotisak se i dan danas najviše koristi za tisak na tkaninu [8].

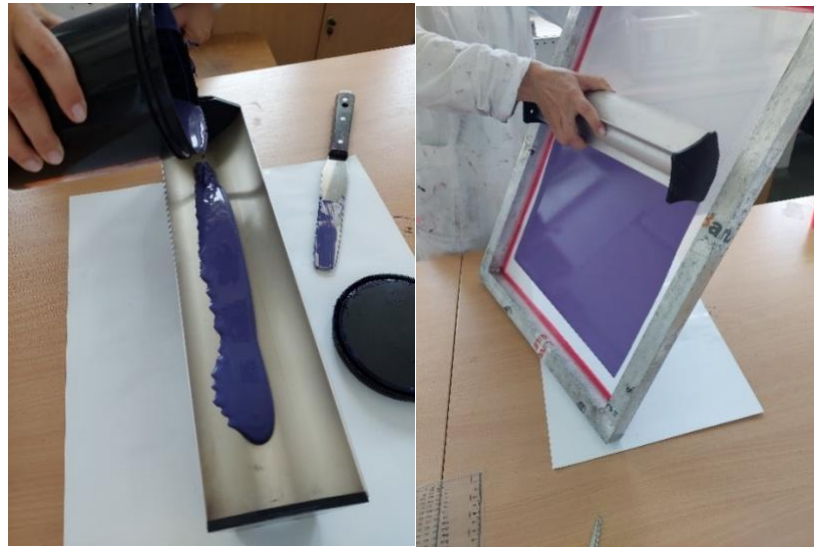
### **2.3.2 Primjena sitotiska danas**

Jedan od razloga zašto je tehnika sitotiska toliko rasprostranjena je taj što ima mogućnost otisnuti jarke boje čak i na tamnijim tkaninama. Tehnika je također rasprostranjena jer omogućuje laku reprodukciju dizajna više puta. Budući da se ista šablona može koristiti za ponovno kopiranje dizajna, vrlo je korisna za stvaranje više istih odjevnih predmeta ili modnih dodataka. To čini sitotisak učinkovitom tehnikom za izradu prilagođene odjeće za radne uniforme ili sportske timove [7]. S tehnikom sitotiska moguće je imati “homemade” pristup. Koristi se za tisak plakata, tisak tekstila, grafika većih formata da bi se dobio svoj unikatan proizvod. Prikladan je za rad na zakrivljenim i ravnim površinama, te na različitim materijalima. Moguće je koristiti jednu ili više boja, a osigurava se i dugotrajan otisak [9].

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

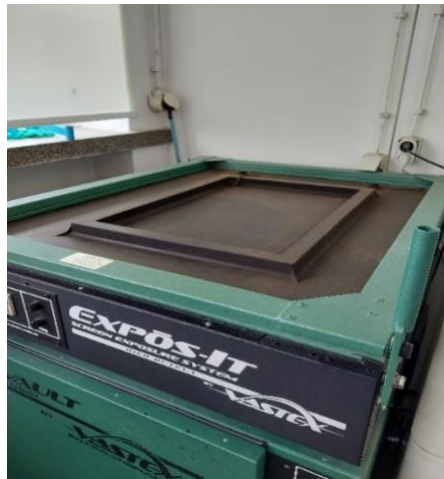
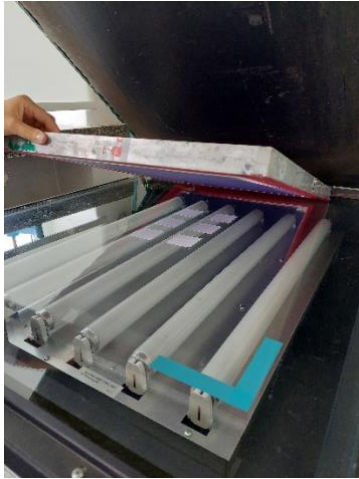
#### 3.1 Metodologija rada

Korišteni motiv ima jednostavan oblik kvadrata dimenzija 5 x 5 , te je prenesen na mrežicu tiskovne forme pomoću kopirnog predloška. Koristeći sredstvo za odmaščivanje (Pregan NT 9) mrežicu je bilo potrebno očistiti. Nakon čišćenja mrežice bilo je nužno da se ispere u vodi, te osuši. Zatim se na mrežicu nanosila emulzija KIWO azocol Z 133 (Slika 1).



*Slika 1 - Nanos emulzije (Autorska slika)*

Mrežica se oslojava dva puta s rakelske strane sita, te jednom s tiskovne strane. Kada je postupak oslojavanja gotov, mrežica ide na sušenje. Proces sušenja odvijao se u DRI-VAULT kabini i trajao je 10 minuta. Nakon procesa sušenja, slijedilo je osvjetljavanje uz ranije pripremljen kopirni predložak, a provodilo u EXOIS-IT kopirnoj rami i traje 2 minute (Slika 2).



*Slika 2 - Osvjetljavanje kopirnog predloška (Autorska slika)*

Nakon osvjetljavanja slijedilo je razvijanje (Slika 3). To je proces u kojem se uklanjaju nepolimerizirani dijelovi emulzije, gdje se boja propušta i nastavlja otisak na tiskovnoj podlozi. Samo razvijanje odvija se ispiranjem pod pritiskom vode.



*Slika 3 - Razvijanje (Autorska slika)*

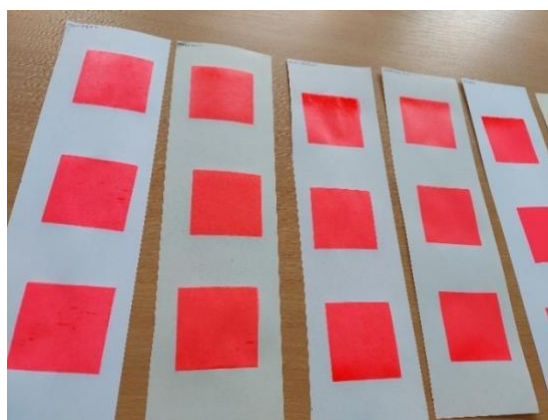
Nakon razvijanja, slijedilo je ponovno sušenje mrežice koje traje 20 minuta, a zatim se pomoću SEFAR Humicheck uređaja provjeravala razina suhoće mrežice. Ovaj postupak provodi se iza svakog sušenja jer voda utječe na kvalitetu motiva. Zatim se provodilo ručno otiskivanje na sitotiskarskom stolu (Slika 4). Potrebno je postaviti bočne i čeone

marke, a to je napravljeno pomoću samoljepljive trake.



*Slika 4 - Ručno otiskivanje (Autorska slika)*

Vakumska pumpa omogućuje da papir ostane na mjestu tijekom otiskivanja. Korištena je tiskarska boja koja se sastoji od luminiscentnog crvenog pigmenta (FLUO RED BSR) i baze. U transparentnu bazu umiješano je 5 g crvenog pigmenta. Dobivena fluorescentna tiskarska boja stavlja se na dobivenu mrežicu koristeći špatulu, a rakelom se razmazuje po površini. Zatim dolazi do kontakta tiskovne forme i tiskovne podloge gdje dolazi do protiskivanja. Kada je otiskivanje gotovo, otiske je potrebno ostaviti da se osuše. Sušenje otisaka prilagođeno je atmosferskim uvjetima i traje 24 sata (Slika 5).



*Slika 5 -Sušenje otisaka (Autorska slika)*

Nakon što se su dobiveni otisci osušili izmjerene su debljine osam različitih vrsta papira koristeći mikrometar koji ima raspon od 0-10 mm i izuzetnu točnost od 0.001 mm. Nakon određivanja debljine papira provodila su se mjerenja optičkih svojstava papira koristeći SpectroDens uređaj. Za kraj su napravljena spektrofotometrijska mjerenja dobivenih otisaka i podloga koristeći X-Rite i1Pro Spektrofotometar u vidljivom dijelu spektra.

## 3.2 Korišteni materijali

- **Papirna tiskovna podloga**

Korišteno je osam vrsta papirnih tiskovnih podloga :

1. Mondi NAUTILUS =  $80g/m^2$ , reciklirani papir vrhunske kvalitete, papir za laser, fotokopirne strojeve, inkjet pisače.
2. EVERCOPY PLUS =  $80g/m^2$ , papir koji je 100% recikliran, ekološki je prihvatljiv, ne sadrži plastiku, koristi se za laser, te inkjet pisače.
3. Mondi IQ PREMIUM =  $80g/m^2$ , papir koji se koristi za laser, inkjet i kopiranje.
4. PAPERZONE reciklirani =  $80g/m^2$ , reciklirani papir, papir za inkjet, laser, kopiranje i faks, bjelina ISO 70
5. NAVIGATOR =  $160g/m^2$ , papir za ispis brošura, diploma, menija, certifikata, papir za sve vrste uređaja velike bjeline i glatkoće
6. NEO MAT =  $90g/m^2$ , obostrano premazani papir, premaz ima mat strukturu.
7. KD GLOSS =  $130g/m^2$ , papir za umjetnički tisak koji ima sjajni premaz.
8. Crush reciklirani =  $250g/m^2$ , reciklirani papir, ekološki prihvatljiv, visoke kvalitete, papir za inkjet, laser.



*Slika 6 - Vrste papira (Autorska slika)*

- **FLUO RED BSR RD213 pigment**

Fluorescentni crveni pigment na bazi termoplastičnih polimera (Slika 7).

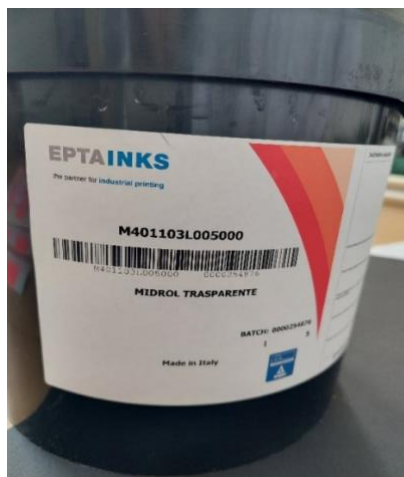
Miješa se s EPTAINKS bazom, a njegov udio je 5%. Za fluorescentne pigmente karakteristično je da imaju mogućnost reflektiranja apsorbirane ultraljubičaste svjetlosti vidljivog dijela spektra. Pigment je svjetlijeg izgleda, te dominantniji za razliku od konvencionalnih pigmenata [10].



*Slika 7 - Fluorescentni crveni pigment. (Autorska slika)*

- **EPTAINKS baza**

Transparentna baza na bazi vode koja ima mogućnost miješanja različitih vrsta pigmenata, gdje se dobivaju raznovrsni efekti. Upotrebljava se kod sitotiska na tekstilu.



*Slika 8 - Eptainks baza (Autorska slika)*

- **AZOCOL Z 133 i DIAZO 23 set**

Set koji se sadrži fotopolimernu emulziju ljubičaste boje (Azocol Z 133) i senzibilizator (Diazo 23). Miješanjem se dobiva emulzija jednostavna za korištenje (ručno i strojno), a koristi se za izradu šablone za sitotisak [12].



*Slika 9 - Azocol Z 133 i Diazo 23 set (Autorska slika)*



- **PREGAN NT 9**

Pregan NT 9 koristi se kako bi odmastili sito, a potrebno ga je razrijediti vodom u omjeru 1:10. Osim što čisti sito, ovo sredstvo sprječava pojavu povrata i propadanja površine prilikom izravnog nanošenja emulzije [12].



*Slika 10 - Odmašćivač Pregan NT 9 (Autorska slika)*

### **3.3 Korišteni uređaji**

- **METTLER TOLEDO vaga**

Ova točna i pouzdana analitička vaga koristila se za vaganje baze i pigmentata fluorescentne boje.



*Slika 11 - Mettler Toledo vaga (Autorska slika)*

- **DRI-VAULT 10 kabina za sušenje**

Koristi se za efikasno sušenje sitotiskarskih okvira. Uređaj može sušiti 10 okvira u isto vrijeme, dimenzija 63.6 x 91.4 cm (Slika 12). Ima promjenjivu temperaturu i snažan filtrirani protok zraka, te je potrebno 20 minuta da se emulzija osuši [13].



*Slika 12 - Uređaj DRI-VAULT 10*

(<https://www.screenprintsupplies.com/products/screen-printing-equipment/screen-printing-drying-cabinets/vastex-dri-vault-10-screens-vdc-253610/>), pristup: 16.7.2022

- **EXPOS-IT uređaj za osvjetljavanje**

Koristi se za osvjetljavanje nanošene emulzije. Sastoji se od pumpe s vakuumom i metal-halogenidnih lampa (Slika 13). Svjetlo se detaljno kontrolira pomoću timera koji je digitalan. Posjeduje jak vakuum koji održava kontakt između tiskovne forme i kopirnog predloška [14].



*Slika 13 - Uređaj EXPOS-IT (Autorska slika)*

- **SEFAR HUMICHECK**

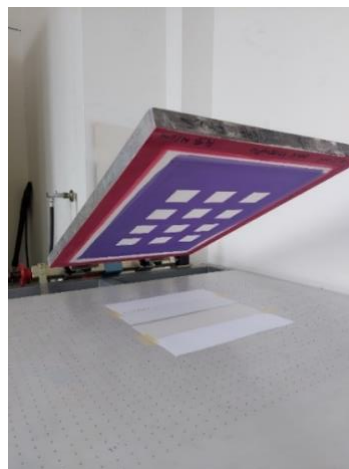
Uređaj kojemu je svrha da procjeni količinu vlage u emulziji (Slika 14). Ako je emulzija, nakon sušenja još vlažna na uređaju se pokazuje crveno svjetlo, a kada se na uređaju prikaže zeleno svjetlo, emulzija je osušena, te se tiskovna forma može koristiti za svrhu otiskivanja [6].



*Slika 14 - Uređaj SEFAR (Autorska slika)*

- **Sitotiskarski stroj za ručno otiskivanje**

Stroj koji se koristi za ručno otiskivanje u sitotisku (Slika 15). Posjeduje vakuum pumpu kojoj je funkcija da drži papir tijekom otiskivanja. Sito se montira i pričvršćuje na držač sita prije postupka otiskivanja.



*Slika 15 - Sitotiskarski stroj za ručno otiskivanje (Autorska slika)*

- **X-RITE ILPRO spektrofotometar**

Tip: eye-one Pro

Uređaj pomoću kojeg se mjeri spektralna refleksija otisnutih uzoraka. Uključuje mjerenje emisije i refleksije. Refleksija otisaka i tiskovne podloge mjerena je u području između 400 nm i 700 nm, a raspon valnih duljina je od 380-730 nm [15].



*Slika 16 - X-Rite i1Pro Spektrofotometar (Autorska slika)*

- **Mikrometar**

Uređaj koji se koristi kako bi se ispitala debljina papira (Slika 17). Raspon mjerenja je od 0.10 mm, s izuzetnom točnošću od 0.001 mm [16]. Korišten je za mjerenje debljine osam različitih papirnih tiskovnih podloga, koje su mjerene po 10 x gdje je uzeta srednja vrijednost.



*Slika 17 - Mikrometar (Autorska slika)*

- **SPECTRODENS uređaj**

Za optička svojstva papirnih tiskovnih podloga korišten je SpectroDens uređaj proizvođača Techcon (Slika 18). Za SpectroDens uređaj može se reći da se sastoji od dva uređaja u jednom; spektrofotometara i denzitometra. On kombinira kvalitete spektrofotometra koji je veoma precizan i upotrebu denzitometra koji je jednostavan [17].



*Slika 18 – SpectroDens (Autorska slika)*

### 3.4 Rezultati mjerenja

#### 3.4.1 Karakterizacija tiskovnih podloga

- **OPĆA SVOJSTVA ISPITIVANIH PAPIRA**

Tablica 1. Opća svojstva papirnih tiskovnih podloga korištenih u istraživanju.

Naziv papira	Gramatura ( $g/m^2$ )	Debljina (mm)	Prostorna masa ( $g/cm^3$ )	Specifični volumen ( $cm^3/g$ )
Mondi NAUTILUS	80	0,1033	0,7744	1,291
EVERYCOPY PLUS	80	0,1047	0,7640	1,308
Mondi IQ PREMIUM	80	0,1052	0,7604	1,315
PAPERZONE	80	0,0941	0,8501	1,176
NAVIGATOR	160	0,1704	0,9389	1,065
NEO MAT	90	0,0732	1,2295	0,813
KD GLOSS	130	0,0929	1,3993	0,714
CRUSH reciklirani	250	0,3251	0,7689	1,300

Rezultati ispitivanja općih svojstava papira pokazuju da najviši specifični volumen imaju papiri Mondi IQ Premium ( $1,315 cm^3/g$ ) i Crush rec. ( $1,300 cm^3/g$ ), od kojih potonji ima i najveću gramaturu ( $250 g/m^2$ ). Evercopy plus ( $1,308 cm^3/g$ ), Mondi nautilus ( $1,291 cm^3/g$ ) i Paperzone ( $1,176 cm^3/g$ ) imaju specifični volumen također u vrijednostima većim od 1, dok Neo mat ( $0,813 cm^3/g$ ) i KD gloss

( $0,714 \text{ cm}^3/\text{g}$ ) pokazuju najniže rezultate. Viši specifični volumen ujedno znači i manju gustoću papira, odnosno prostornu masu, s obzirom na to da se radi o obrnuto proporcionalnim vrijednostima. Rezultati pokazuju da gramatura papira kao zasebna veličina ne mora biti u korelaciji sa rezultatima prostorne mase, odnosno specifičnog volumena. Važan faktor koji utječe na ove rezultate je i debljina papira, koja se između ostaloga može definirati i kroz doradne procese u proizvodnji papira.

- **Gramatura**

Vrijednost gramature uzeta je od strane proizvođača. Definicija gramature (površinske mase/mase jedinične površine) je da je ona masa  $1\text{m}^2$  (jednog kvadratnog metra) papira, ljepenke ili kartona, a iskazuje se u gramima. Jedinica za gramaturu u SI sustavu jedinica je  $\text{g}/\text{m}^2$ . Najpreciznije određivanje gramature jest gravimetrijski tj. vaganjem kao aritmetička sredina gdje se više uzoraka izrezuje na dimenzije  $10 \times 10 \text{ cm}$  [16].

$$g = \frac{m}{A} * 10000$$

Gdje je :

m – masa papira (g)

A – površina papira ( $\text{cm}^2$ )

g – gramatura papira ( $\text{g}/\text{m}^2$ )

- **Debljina papira**

Definiramo je kao razmak dvije paralelne strane uzoraka koji se ispituju. Određuje se pomoću uređaja zvanog mikrometar koji ima izuzetnu preciznost čak do  $0,001 \text{ mm}$ . Uzorak se postavlja između dvije paralelne mjerne plohe koje su metalne, a dobivene vrijednosti izražavaju se u  $\text{mm}$ . Mjerenje se može provoditi na pojedinačnom listu kada je debljina ispitivanog uzorka iznad  $0,03 \text{ mm}$  ili na snopu listova (uobičajeno 5 listova) kada je debljina ispitivanog uzorka manja od  $0,04 \text{ mm}$  [16].

- **Prostorna masa**

Prostornu masu možemo još nazvati i kao gustoća papira, ljepenke ili kartona.

To je masa  $1\text{cm}^3$  (jednog kubičnog centimetra ) uzorka koji se ispituje. Iskazuje se u  $\text{g/cm}^3$ , a određuje se odnosom gramature i debljine papira :

$$y = \frac{x}{d * 1000}$$

Gdje je:

y – prostorna masa ( $\text{g/cm}^3$ )

x– gramatura ( $\text{g/m}^2$ )

d – debljina (mm)

Prostorna masa pokazuje kolika je relativna količina zraka u papiru, a on utječe na mehanička svojstva papira (prozirnost papira, strukturu, kompaktnost), optička svojstva papira (svjetlina, bjelina, transparentnost, opacitet, sjaj), te također ima velik utjecaj i na fizikalna svojstva ispitivanog papira [16].

- **Specifični volumen**

Volumen kojeg zauzima 1g ispitivanog uzorka u prostoru. Izražava se u:  $\text{g/cm}^3$ , a definira se kao odnos debljine i gramature papira :

$$\frac{1}{y} = \frac{d}{x} \cdot 1000$$

Gdje je:

1/y – specifični volumen ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )

d- debljina (mm)

x- gramatura ( $\text{g/m}^2$ ) [16]



Tablica 2. Optička svojstva papira

NAZIV PAPIRA	OPACITET (%)	BJELINA (%)
Mondi NAUTILUS	94,84	107,448
EVERYCOPY PLUS	93,22	90,618
Mondi IQ PREMIUM	94,12	58,712
PAPERZONE	97,02	61,112
NAVIGATOR	97,58	151,356
NEO MAT	92,58	110,702
KD GLOSS	95,84	113,040
CRUSH reciklirani	99,60	35,438

Izmjerena optička svojstva papira pokazuju najviše vrijednosti opaciteta za papire Crush rec.(99,60%) , Navigator (97,58%) i Paperzone (97,02 %). Slijede ih KD gloss (95,84%) , Mondi nautilus (94,84%) i Mondi IQ premium (58,712%), najniže vrijednosti opaciteta imaju papiri Neo mat (92,58%) i Everycopy plus (90,618%).

Izmjerene vrijednosti bjeline papira vrlo su raznolike. Najvišu vrijednost bjeline pokazuje papir Navigator (151,356%) , slijede ga Neo mat (110,702%) , KD gloss (113,040%) , te Mondi nautilus (107,448%). Vrijednosti bjeline svih navedenih papira prelaze 100%, što dokazuje prisutnost optičkih bjelila u papiru. Od papira koji nemaju ovaj dodatak, najviši stupanj bjeline ima Eveycopy plus (90,618%), zatim Paperzone (61,112%), Mondi IQ premium (58,712%), dok Crush rec ima najniži stupanj bjeline od 35,348 %.

- **Opacitet**

Opacitet je odnos stupnja refleksije određenog lista papira iznad podloge koja je crna (0.5% refleksije). Opacitet definiramo kao mjeru za nepropusnost svjetla, a izražava se u postotku (%). Na opacitet može utjecati: prisutnost premaza, prisutnost punila, prisutnost bojila, vrsta samog vlakanca, te stupanj bijeljenja. [18].

- **Bjelina**

Stupanj bjeline definira se tako da se mjeri refleksija svjetla sa same površine papira u području vidljivog dijela spektra. Da bi se izradio papir koji sadrži visok stupanj bjeline potrebno je koristiti: bijeljeno vlakno koje je iznimno kvalitetno, punila koja sadrže veliki stupanj bjeline, plavila, optička bjelila koja bi pomogla da stupanj bjeline još više poraste. Stupanj bjeline određenog materijala je stupanj, tj. postotak gdje materijal teži savršeno bijelom, a dogovorno je postavljeno za magnezijev oksid [18]. Za određivanje bjeline papira koristi se standard ISO 11475:1999 – određivanje CIO bjeline, na danjem, vanjskom svjetlu, D65/10°. Kod određivanja stupnja bjeline (%) potrebno je osvijetliti uzorak s “ iluminat-om D65, ” koji predstavlja dnevno svjetlo, sadrži dio spektra koji je vidljiv i UV svjetlosnu komponentu. Također se mjeri i svjetlosna refleksija kroz cijelo područje vidljivog dijela spektra s površine uzorka koji se ispituje [18].

### **3.4.2 Spektrofotometrijska mjerenja otisaka**

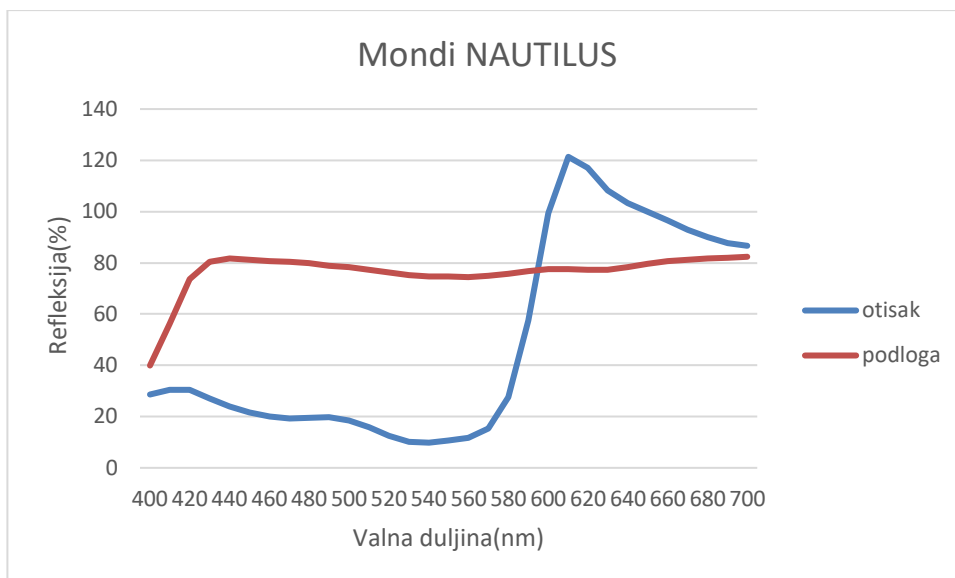
Optički efekt otisnute boje i tiskovne podloge mjeren je spektrofotometrom u vidljivom dijelu spektra između 400 i 700 nm. Refleksijski spektri pojedinačnih papirnih tiskovnih podloga i otisaka na njima prikazani su na slikama 19 – 26.

Rezultati spektralnih refleksija papirnih tiskovnih podloga su različiti, i unutar vidljivog područja spektra vrijednosti su oko 80% za Mondi nautilus (Slika 19), oko 70% za Evercopy plus (Slika 20) , između 60 i 70% za Paperzone (Slika 22) , te nešto više od 80% za Neo mat (Slika 24) , te i KD gloss (Slika 25). Spektralna refleksija Crush recikliranog papira kreće se od gotovo 50 pa sve do iznad 80% u vidljivom dijelu spektra (Slika 26). Uzorci Mondi IQ premium i Navigator nemaju ravnomjernu distribuciju izmjerenog refleksijskog spektra, već maksimum spektralne refleksije od 100% (i malo iznad) dostižu na valnim duljinama od 440 nm, što je dokaz prisutnosti optičkih bjelila u papiru (Slika 21 i Slika 23).

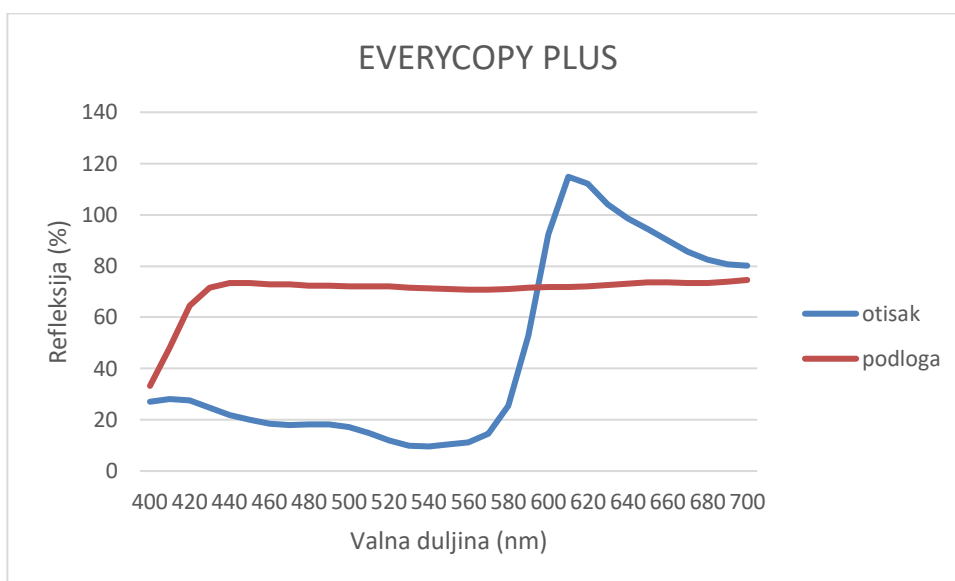
Rezultati spektralne refleksije fluorescentnih otisaka pokazuju maksimalne vrijednosti svih uzoraka na valnim duljinama od 610 nm, što odgovara aktivnom području ove funkcionalne boje. Unatoč tome, postotak vrijednosti refleksija

fluorescentnih uzoraka nisu jednake, već se međusobno razlikuju, ovisno o vrsti papirne tiskovne podloge na koju su otisnuti. Od svih uzoraka, maksimalne vrijednosti refleksije od 128% izmjerene su za otisake na recikliranoj podlozi Crush, te KD gloss papiru (Slika 26 i Slika 25) . Slijede Mondi IQ premium (Slika 21) i Neo mat (Slika 24) sa 125% refleksije, te nakon njih Navigator (Slika 23) sa 124% i Mondi Nautilus (Slika 19) sa 121% refleksije. Najniže vrijednosti spektralnih refleksija zabilježene su za uzorak Everycopy plus (Slika 20) – 115%, te Paperzone (Slika 22) – 110%. Spektralna refleksija fluorescentnih otisaka viša je od 100% kod svih uzoraka i dokazuje funkcionalnu karakteristiku ovih boja, koja se postiže dodatkom optičkih bjelila.

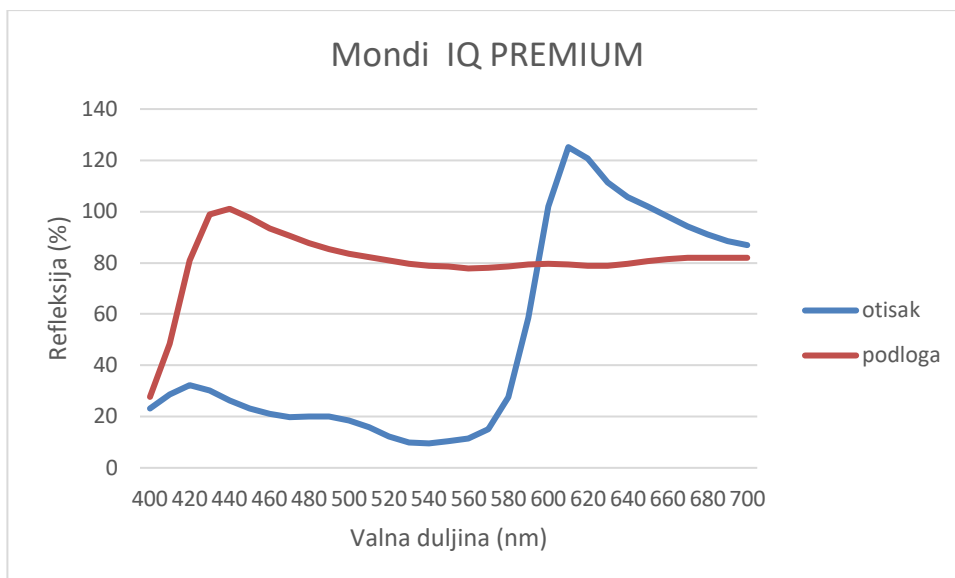
Prikazani rezultati spektralnih refleksija pokazuju da papiri viših vrijednosti bjeline uglavnom pokazuju i nešto veće spektralne refleksije otisnute fluorescentne boje. Ova korelacija ne vrijedi za papir Crush rec., koji rezultira najvišom spektralnom refleksijom od svih uzoraka, a uz najniži stupanj bjeline. Ovi rezultati najvjerojatnije su povezani visokim specifičnim volumenom spomenutog papira, koji očito doprinosi spektralnoj refleksiji.



Slika 19 - Spektralna refleksija Mondi nautilus tiskovne podloge i otiska



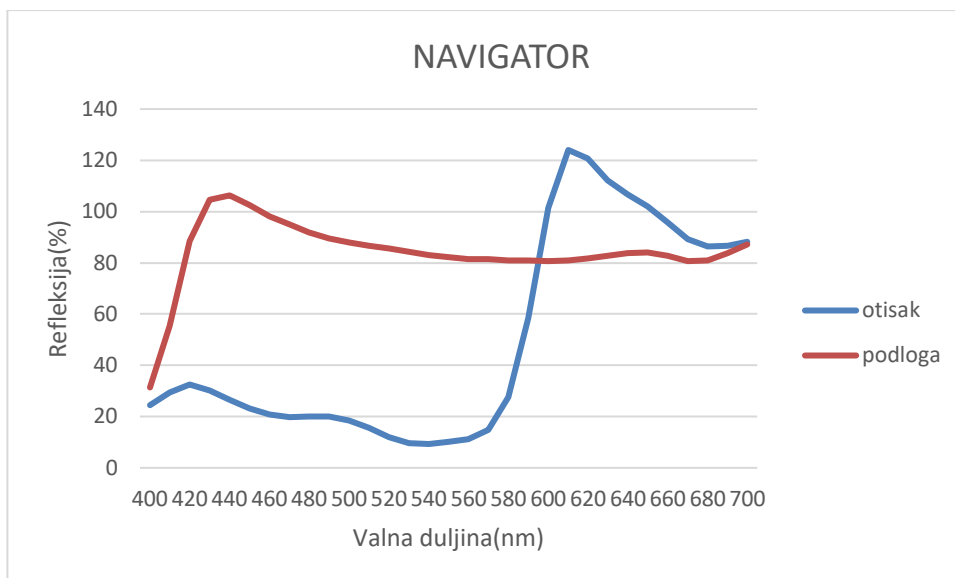
Slika 20 - Spektralna refleksija Everycopy plus tiskovne podloge i otiska



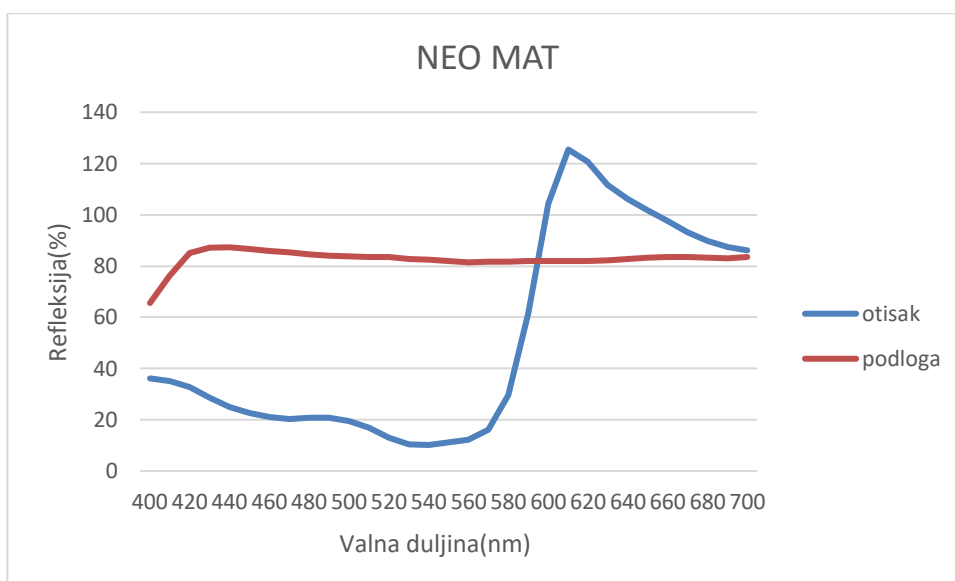
Slika 21 - Spektralna refleksija Mondi IQ premium tiskovne podloge i otiska



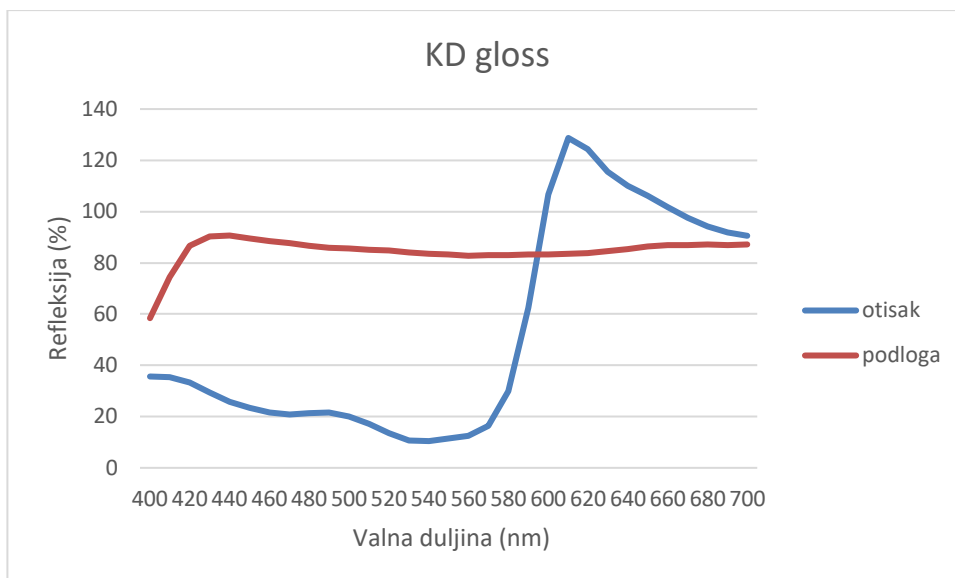
Slika 22 - Spektralna refleksija Paperzone tiskovne podloge i otiska



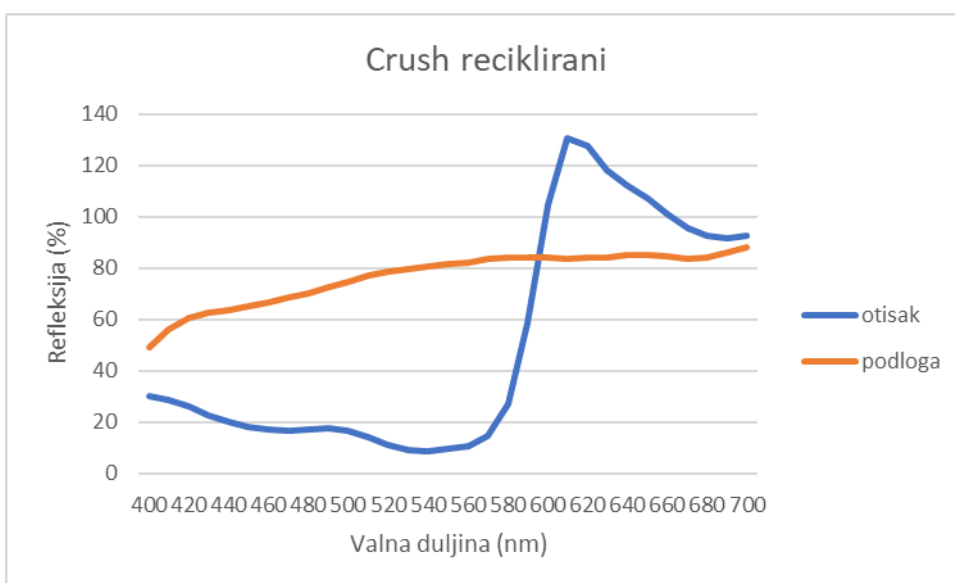
Slika 23 - Spektralna refleksija Navigator tiskovne podloge i otiska



Slika 24 - Spektralna refleksija Neo mat tiskovne podloge i otiska



Slika 25 - Spektralna refleksija KD gloss tiskovne podloge i otiska



Slika 26 - Spektralna refleksija crush tiskovne podloge i otiska

## 4. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu obrazložen je utjecaj odabira papirne tiskovne podloge na optički efekt fluorescentnih tiskarskih boja. Za provedbu ovog istraživanja napravljene su otisci na osam različitih papirnih tiskovnih podloga koje uključuju premazani, nepremazani i reciklirani papir. Otisci su otiskivani fluorescentnom tiskarskom bojom koristeći tehniku sitotiska. Rezultati spektralnih refleksija otisnute fluorescentne boje pokazuju da papiri viših vrijednosti bjeline uglavnom pokazuju i nešto veće spektralne refleksije fluorescentne boje. Ova korelacija ne vrijedi za sve uzorke korištene u istraživanju, pa su rezultati najvjerojatnije povezani i s visokim specifičnim volumenom spomenutog papira, koji očito doprinosi spektralnoj refleksiji. Iako u ovom istraživanju ne postoji čvrsta korelacija između bjeline papira na koje se otiskuje fluorescentna tiskarska boja i spektralne refleksije takvih otisaka, preporuka je koristiti papire višeg stupnja bjeline, no također veće gramature i/ili specifičnog volumena. Ovisno o formulaciji funkcionalne tiskarske boje, svojstva papirne podloge koja se bira za određene namjene treba uzeti u obzir kao cjelinu, a ne pratiti pojedinačno. Tako će, na primjer, veća gramatura odabranog papira u radu s fluorescentnim bojama na bazi vode doprinjeti većoj stabilnosti otisaka i manjoj dimenzionalnoj promjeni papira. Buduća istraživanja utjecaja papirnih tiskovnih podloga na optički efekt fluorescentnih tiskarskih boja trebala bi između ostaloga uključiti i ispitivanje interakcije materijala, a u svrhu postizanja bolje stabilnosti i funkcionalnosti takvih sustava.



## 5. LITERATURA

- [1] Strižić Jakovljević M.(2022.), *Tiskarske boje za posebne namjene* , dostupno na: [https://moodle.srce.hr/2021-2022/pluginfile.php/6287349/mod\\_resource/content/1/Tiskarske%20boje%20za%20posebne%20namjene%20-%20tekst.pdf](https://moodle.srce.hr/2021-2022/pluginfile.php/6287349/mod_resource/content/1/Tiskarske%20boje%20za%20posebne%20namjene%20-%20tekst.pdf) , datum pristupa: 17.6.2022
- [2] Paint & Coatings Industry, (2003). The Chemistry and Physics of Special-Effect Pigments and Colorants for Inks and Coatings, dostupno na: [The Chemistry and Physics of Special-Effect Pigments and Colorants for Inks and Coatings | PCI Magazine](#), datum pristupa; 19.6.2022.
- [3] Springsteen A.W., Fluorescence & Color, An overview of the fundamentals of measuring fluorescent color, Labsphere, Leadership in Reflectance Technology
- [4] Huljev M.(2021.), *Ispitivanje efekta luminiscencije i funkcionalnih svojstava slojeva fluorescentne boje modificirane nanočesticama silicijevog i titanijevog dioksida*,Rektorski rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet
- [5] Majnarić I. (2021.), *Sitotisak*, dostupno na: [https://moodle.srce.hr/2021-2022/pluginfile.php/6159067/mod\\_resource/content/1/MTT%20predavanje7a.pdf](https://moodle.srce.hr/2021-2022/pluginfile.php/6159067/mod_resource/content/1/MTT%20predavanje7a.pdf) , datum pristupa: 27.6.2022.
- [6] Kraljević M. (2020). Utjecaj koncentracije UV-luminiscentnog pigmenta na reprodukciju u propusnom tisku, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet
- [7] What is Screen Printing?, dostupno na: <https://www.customplanet.co.uk/what-is-screen-printing-a-step-by-step-guide>, datum pristupa: 29.6.2022
- [8] Mahović Poljaček S. (2020.), *Tiskovna forma za propusni tisak*, dostupno na: [https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4775457/mod\\_resource/content/1/Predavanje8-izrada-tf-za-](https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4775457/mod_resource/content/1/Predavanje8-izrada-tf-za-)

[propusni-tisak.pdf 1.7.2022.](#)

[9] Jezidžić M. (2018). Umjetnička fotografija u sitotisku, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

[10] Štengl L. [2021]. Reprodukcijska i karakterizacijska UV-fluorescentnih pigmenata u propusnom tisku, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

[11] [AZOCOL Z 133.pdf \(kiwo.de\)](#), datum pristupa: 4.7.2022.

[12] [Kiwo : Pegan Nt9 \(Ecoline\) : 1 Litre : Screen Printing Degreaser | Jackson's Art Supplies \(jacksonsart.com\)](#), datum pristupa: 4.7.2022.

[13] <https://www.screenprintsupplies.com/products/screen-printing-equipment/screen-printing-drying-cabinets/vastex-dri-vault-10-screens-vdc-253610/>, datum pristupa: 16.7.2022

[14] <https://www.vastex.com/Screen-Printing-Equipment/Prepress-Equipment/Exposit/Exposit.php> : 19.7.2022.

[15] [https://www.grf.unizg.hr/wp-content/uploads/2010/09/SMP\\_KatalogOpreme\\_FINAL-WEB\\_v2.pdf](https://www.grf.unizg.hr/wp-content/uploads/2010/09/SMP_KatalogOpreme_FINAL-WEB_v2.pdf) -, datum pristupa: 23.7.2022

[16] Strižić Jakovljević M.(2022.), *Opća svojstva papira*, dostupno na: [https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/5026043/mod\\_resource/content/1/vjezba%20br%202.pdf](https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/5026043/mod_resource/content/1/vjezba%20br%202.pdf) , datum pristupa: 25.7.2022

[17] Golik Krizmanić M.(2020). Funkcionalni premaz od PCL-a s dodatkom cinkova oksida kao životna zaštita, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

[18] Stržić Jakovljević M.(2022.), *Optička svojstva papira*, dostupno na: [https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/5026051/mod\\_resource/content/1/PAPIR%206.%20vjezba%20optika.pdf](https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/5026051/mod_resource/content/1/PAPIR%206.%20vjezba%20optika.pdf) , datum pristupa: 29.7.2022

