

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

Lora Štengl



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Smjer: tehničko - tehnološki

ZAVRŠNI RAD

REPRODUKCIJA I KARAKTERIZACIJA UV - FLUORESCENTNIH PIGMENATA U PROPUSNOM TISKU

Mentor:
izv. prof. dr. sc. Sanja Mahović Poljaček

Student:
Lora Štengl

Zagreb, 2021

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1.TISKOVNA FORMA ZA PROPUSNI TISAK	3
2.1.1.POSTUPCI IZRADE TISKOVNIH FORMI	8
2.1.1.1.FOTOMEHANIČKI POSTUPCI	8
2.1.1.2.DIGITALNI POSTUPCI	9
2.1.2.OZNAČAVANJE TISKOVNIH FORMI	12
2.1.3.PARAMETRI KOJI ODREĐUJU KVALITETU TISKOVNIH FORMI	13
2.2.TISKOVNE PODLOGE ZA PROPUSNI TISAK	14
2.3.TISKARSKE BOJE ZA PROPUSNI TISAK	16
2.3.1.BOJE SA SPECIJALNIM EFEKTIMA	16
2.3.2.LUMINISCENCIJA I LUMINISCENTNE TISKARSKE BOJE	17
3. EKSPERIMENTALNI DIO	20
3.1.METODOLOGIJA RADA	20
3.2.KORIŠTENI UREĐAJI	21
3.2.1.UREĐAJI ZA IZRADU TISKOVNE FORME	21
3.3.KORIŠTENI MATERIJALI	25
3.3.1.MATERIJALI ZA PRIPREMU FLUORESCENTNE BOJE	25
3.3.2.MATERIJALI ZA IZRADU TISKOVNE FORME	26
3.3.3.TISKOVNA PODLOGA	27
4. REZULTATI I RASPRAVA	28
4.1.DEBLJINA NANOSA PREMAZA UV FLUORESCENTNIH BOJA	28
4.2.SPEKTROFOTOMETRIJSKA ANALIZA OTISAKA	32
4.2.1.SPEKTRALNA REFLEKSIJA NESTARENIH UZORAKA	32
4.2.2.SPEKTRALNA REFLEKSIJA UZORAKA S VEĆIM BROJEM NANOSA	34
4.2.3.SPEKTRALNA REFLEKSIJA STARENIH UZORAKA	36

4.3. VIZUALNA ANALIZA OTISAKA	45
5. ZAKLJUČAK	48
6. LITERATURA	50

SADRŽAJ

Ovaj završni rad bavi se tematikom otiskivanja bojama specijalnih svojstva u propusnom tisku. Otisci su izrađeni sa tri različite linijature mrežice tiskovne forme u tri debljine nanosa boje. Cilj eksperimentalnog dijela rada je promotriti kako debljina nanosa UV-fluorescentne boje i simulacija ubrzanog starenja utječu na stabilnost otiska to jest na stabilnost fluorescentnog pigmenta. U tu svrhu na izrađenim otiscima provedena su spektrometrijska i optička mjerenja te su izrađeni grafovi koji pojašnjavaju rezultat i zaključak. Istraživanje pokazuje da je kod veće debljine nanosa tiskovne boje veća i stabilnost fluorescentnog pigmenta te da izlaganje uzoraka ubrzanom starenju rezultira degradacijom premaza ali i tiskovne podloge.

Ključne riječi: propusni tisak, UV-fluorescentni pigmenti, debljina nanosa, starenje otiska

1. UVOD

Propusni tisak je tehnika tiska s najširoom primjenom u raznim industrijskim granama. Pruža mogućnost otiskivanja na razne tiskovne podloge kao što su papiri, kartoni, tekstil, staklo, drvo i slično. Ima najširu paletu boja na izbor, ovisno o tiskovnoj podlozi i tiskovnoj formi te pruža mogućnost korištenja boja sa specijalnim efektima kao što su UV-fluorescentne boje koje su korištene u eksperimentalnom dijelu ovog završnog rada. One u svom sastavu sadrže fluorescentne pigmente koji pod UV zračenjem emitiraju vidljivo zračenje.

U teorijskom dijelu opisan je povijesni razvoj propusnog tiska i njegova primjena te svojstva, postupci izrade (fotomehanički postupci, digitalni postupci) i označavanje tiskovne forme. Također opisana su svojstva tiskovnih podloga i tiskarskih boja koje imaju primjenu u ovoj tehnici tiska. Pojašnjena je pojava luminiscencije kao i boje sa specijalnim efektima. Posebno su pojašnjene luminiscentne tiskarske boje koje su korištene za izradu otisaka u eksperimentalnom dijelu ovog završnog rada.

Eksperimentalni dio pruža uvid u metodologiju rada te su opisani uređaji i materijali koji su korišteni u postupku izrade tiskovnih formi, izrade i pripreme tiskarskih boja kao i u procesu otiskivanja.

Razultati i rasprava obuhvaćaju grafički i slikovni prikaz mjerenja provedenih na dobivenim otiscima. Određena je debljina nanosa fluorescentnih boja dobivena u različitim uvjetima otiskivanja, kao i utjecaj ubrzanog starenja na stabilnost otisaka i stabilnost fluorescentnog pigmenta mjerenjem spektralne refleksije i vizualnom analizom otisaka.

2. TEORIJSKI DIO

Pojava propusnog tiska primjećena je po prvi puta u Aziji, a njegovi početci razvoja u Europi potječu iz 18. stoljeća. Prve tiskovne forme bile su načinjene od isprepletene dugačke ljudske kose, zatim od svile te nakon napretka tehnologije mrežicu su sačinjavala najčešće sintetska vlakna. Ona su unaprijedila kvalitetu, povećala potražnju i upotrebu propusnog tiska. Prvo pojavljivanje ove tehnike bilo je 1907. godine kada je Samuel Simons upotrijebio svilenu gazu kao materijal za tiskovnu formu. Svilena gaza u to se vrijeme koristila za prosijavanje brašna. Ona je tkana od svilenog prediva s jednom niti. Izrađena je tehnikom keper tkanja kako bi se izbjeglo klizanje niti i blokiranje svile za vrijeme prosijavanja brašna. Tkalci svile krenuli su sa proizvodnjom svile koja je služila za tisak. Mrežica je bila običnog tkanja s povećanim brojem niti. To je doprinijelo poboljšanoj kontroli boje te samim time i kvalitetnijim otiscima. Razlika između svilenih i prvih sintetskih niti koje su također bile obično tkane očitovala se u napinjanju. Sintetske niti bile su lakše za napinjanje u usporedbi sa svilom. Njihove glavne prednosti su otpornost na kemikalije i neosjetljivost na vodu. Upravo su te karakteristike omogućile korištenje tehnike propusnog tiska u svim sustavima boje i u širokom rangu materijala od kojih su načinjene tiskovne podloge na koje se vrši otisak. [3] U tom početnom periodu propusni tisak nije imao velik spekar primjene. Povećanjem trgovine s Istokom i početkom korištenja fotoosjetljivih spojeva poput želatine, natrijevog, amonijevog ili kalijevog kromata i dikromata, mrežice koje su se izrađivale od niti svile i sam proces izrade tiskovne forme postao je dostupniji i jednostavniji. [1] Tehnika propusnog tiska najsvestranija je tehnika tiska. Ima široku upotrebu u industriji i u umjetnosti. Poznati umjetnici koji su otiskivali ovom tehnikom i popularizirali ju bili su Andy Warhol i Roy Lichtenstein (Slika 1). Istraživanja u svrhu poboljšanja kvalitete tehnike otiskivanja te konačnog proizvoda otvorila su nova tržišta u industriji keramike, pakiranja, elektronike i slično. Propusni tisak pruža tekstilnoj industriji mogućnost otiskivanja i korištenja boja sa specijalnim efektima za otiskivanje na razne tekstilne materijale. Automobilaska industrija isto kao i industrija keramike ovu tehniku koristi za ukrašavanje proizvoda, a elektronička industrija za izradu

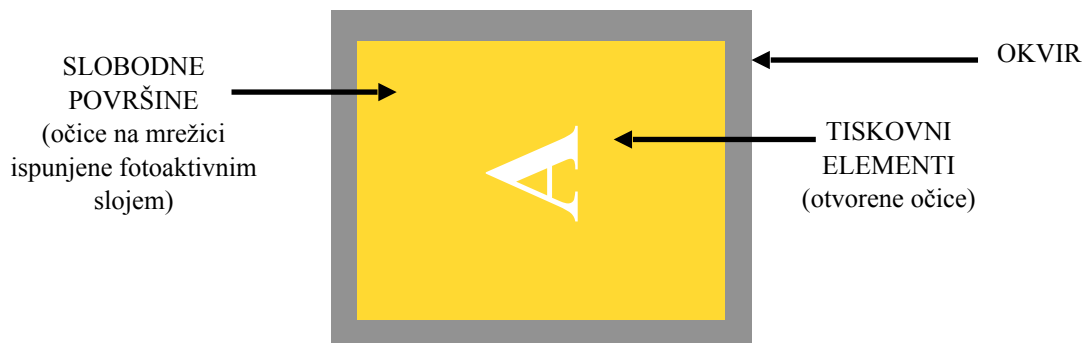
elektronskih ploča. U drugoj polovici 20. stoljeća započinje korištenje u grafičkoj industriji u komercionalnom obliku. [5]



*Slika 1. Andy Warhol, propusni tisak 1976. godina
(<https://hr.izzi.digital/DOS/1740/1871.html>)*

2.1. TISKOVNA FORMA ZA PROPUSNI TISAK

Glavni elementi koji sačinjavaju tiskovnu formu su okvir, mrežica napeta na okvir i fotoaktivni sloj (Slika 2). Na mrežici se nalaze tiskovni elementi i slobodne površine. Kod propusnog tiska tiskovne elemente predstavljaju otvorene očiće mreže kroz koje prolazi boja prilikom otiskivanja, dok slobodne površine predstavljaju očiće mreže zatvorene fotoaktivnim slojem koje sprječavaju prolazak boje kroz njih. Tiskovni elementi i slobodne površine nalaze se u istoj ravnini. [5]



Slika 2. Tiskovna forma za propusni tisak

Izbor mrežice od iznimne je važnosti te uvelike utječe na kvalitetu reprodukcije. Ona je najznačajniji dio tiskovne forme. Kroz otvorene očiće mrežice prenose se motivi i formira se otisak. Za izradu tiskovne forme dostupne su mrežice od metala, raznih prirodnih ili sintetskih materijala kao što su svila, najlon, niti kovine. U današnje vrijeme mrežice od prirodnih materijala kao što su pamuk i svila gotovo se i ne koriste. Pamučne mrežice imaju otvore nepravilnog oblika i ne podnose velik broj otisaka. Svilene mrežice kvalitetnije su od pamučnih. Pružaju veću stabilnost i podnose veći broj otisaka, no pojavom sintetskih mrežica njihova upotreba s vremenom se sve više smanjivala. Danas su u upotrebi najviše mrežice od sintetskih materijala. U tu skupinu spadaju poliesterske (PET) i poliamidne (PA) mrežice. [5] Poliesterske niti održavaju mrežicu konstantno napetu na okviru i mogu se dugotrajno koristiti, imaju otpornost na organske kiseline, ali ne na lužine. Omogućuju otiskivanje većih naklada te imaju kratak proces sušenja nakon čišćenja i razvijanja tiskovne forme. Pružaju mogućnost reproduciranja sitnih detalja i otiskivanje velikom brzinom. Poliamidne mrežice bile su prve mrežice od sintetskog materijala koje su se upotrijebile u tehnici propusnog tiska. Pružaju mehaničku trajnost koja pogoduje kod tiska na abrazivne podloge. Imaju svojstvo otpornosti na lužine, ne habaju se i imaju veliku elastičnost. [6] Glavne karakteristike sintetskih mrežica su dugo održiva dimenzionalna stabilnost, elastičnost i otpornost na velik dio kemikalija koje se upotrebljavaju prilikom tiska.

Za izradu mrežice od metala u obzir se uzimaju metali od kojih se mogu napraviti čvrsta i tanka, dimenzionalno stabilna vlakna sa otpornosti na koroziju. Najčešće se koriste niti antikorozivnog čelika. Metalne niti provode toplinu te omogućuju brzo sušenje otiska. Tiskovne forme napravljene od takvih niti koriste se u tisku na tvrde, krute i neupojne podloge poput metala, drva, keramike, stakla. Ukoliko dođe do većeg oštećenja metalne mrežice ona postaje neupotrebljiva. [5]

Mrežice različitih boja imaju različita svojstva. Osim materijala i boja mrežice utječe na reprodukciju motiva. Najčešće se koriste mrežice bijele boje zbog niske cijene proizvodnje. Korištenjem bijele mrežice ne može se ostvariti oštrina rubova te se one ne koriste za reprodukciju sitnih detalja i finih linija zbog refleksije zraka svjetlosti ispod površina kopirnog predloška koje su zacrnjene.

Mrežice žute boje imaju veću cijenu od mrežica bijele boje. Upotrebljavaju se za reprodukciju teksta, finih linija i tonskih prijelaza. Žuta boja prilikom osvjtljavanja apsorbira ljubičasto - plavu boju (UV svjetlost) koja je njezina komplementarna boja te smanjuje negativni efekt refleksije zračenja i rasipanja svjetlosti. Korištenjem žute mrežice moguće je izvršiti duža osvjtljavanja fotoaktivnog sloja postavljenog na tiskovnu formu. Tijekom tog procesa fotoaktivni sloj će otvrdnuti što omogućuje veću izdržljivost i trajnost. [6]

Okvir na koje se mrežica postavlja napravljen je od cijevi. Njegova je svrha držati mrežicu napetom stoga on mora biti otporan na kemikalije i sredstva koja su sastavni dio tiskarskih boja, otapala i materijala za čišćenje. Cijevi okvira moraju ležati ravno, u suprotnom uzrokuju pogreške i probleme u registru i prilikom tiska. Na dimenzionalnu stabilnost okvira za propusni tisak utječu materijali koji se koriste za izradu okvira, debljina stijenki i tip presjeka.

Materijali koji se koriste pri izradi okvira su drvo ili metali. Prednost drvenih okvira je lako rukovanje što je prednost kod direktnog tiska na manje predmete. S druge strane drvo ima kraći vijek trajanja u usporedbi s metalom. Skuplja se i nabubri pod utjecajem temperature i promjene vlažnosti.

Metali koji se koriste za izradu okvira u propusnom tisku su aluminij i čelik. Aluminij je slabiji po karakteristikama od čelika stoga kako bi se njemu osigurala veća snaga slična čeliku potrebno je površinu poprečnog presjeka povećati i stijenke ojačati.

Aluminij je metal male gustoće čija je vrijednost 2,7. To je ujedno i njegova prednost i razlog zašto se koristi u ovoj tehnici tiska. S takvim okvirima male težine lako se rukuje što je posebno važno kod velikih okvira. Okviri od aluminija nisu potpuno otporni na djelovanje kiselina i lužina, ali imaju dobru otpornost na koroziju, cijena im nije visoka i lako se čiste.

Čelični okviri imaju dobru krutost, jeftini su, no njihov veliki nedostatak koji se naročito primijeti kod velikih okvira je njegova težina (gustoća čelika iznosi 7,8). Čelični okviri skloni su hrđanju te se štite se od korozije lakiranjem i galvanizacijom. Ukoliko se ne koriste dvokomponentna ljepljiva potrebno ih je prebojiti prije svakog

napinjanja svile iznova. Dvokomponentno ljepilo sastoji se od ljepila i učvršćivača. Ta smjesa pruža dobru otpornost na otapala koja se koriste za skidanje boje.

Tip presjeka važan je faktor kod izbora okvira za propusni tisak. Razlikujemo dvije vrste presjeka: specijalne i pravokutne presjeke. Specijalni presjeci su presjeci s pojačanim okomitim stijenkama, presjek s unutrašnjim podupiračem, s kosim unutrašnjim rubom, s konkavnim rubom, s konkavnim rubom koji je iskošen prema vanjskoj strani te ima primjenu u tekstilnoj industriji, L presjek sa posebnom namjenom i ravna traka za tisak CD-a. Pravokutni su presjeci oni sa 4 jednake debljine stijenki.

Izbor veličine okvira ovisi o površini na kojoj se tiska. Radi boljeg kontroliranja boje potrebno je ostaviti određenu zonu izvan površine koja se otiskuje. Prostor za boju koji je nedovoljno velik može stvoriti probleme sa registrom te na taj način smanjiti kvalitetu otiska. Kada je u pitanju strojno otiskivanje rakel se pomiče u smjeru širine okvira, a kod ručnog otiskivanja kreće se u smjeru visine okvira. [3]

Osim tiskovne forme u propusnom tisku važnu ulogu ima i rakel - alat koji boju nanešenu unutar okvira protiskuje kroz tiskovne elemente te se na taj način vrši otiskivanje na tiskovnu podlogu. [1]

Rakel se izrađuje od gume ili poliuretana. To su mekani materijali kako se mrežica prilikom otiskivanja ne bi oštetila. Rakel izrađen od gume troši se brže ali ima manju sklonost prikupljanju elektrostatskog naboja u usporedbi s rakelom od poliuretana. Materijali koji se koriste za izradu rakela ne smiju biti reaktivni u kombinaciji sa tiskarskom bojom.

Vrh rakela može biti raznih oblika ovisno o četiri faktora:

1. Materijalu na koji se otiskuje
2. Motivima na tiskovnoj formi
3. Gustoći tiskarske boje
4. Tvrdoći materijala na koji se otiskuje. [8]

Debljina nanosa boje na podlogu nikada nije ista stoga se ovom tehnikom mogu dobiti jedino jednotonski otisci. Da bi se dobio prividan višetonski otisak potrebno je koristiti tehniku rastriranja.

U procesima izrade tiskovnih formi moguće je primjenjivati različite postupke. Dije se na konvencionalne, postupke kod koji je potrebno izraditi kopirni predložak i računalno vođene postupke (eng. *Computer to Plate, CtP*), koji ne zahtjevaju izradu predložaka. Neovisno o postupku izrade tiskovne forme koriste se različite vrste fotoosjetljivih materijala koji mijenjaju kemijski sastav pod utjecajem svjetla. S obzirom na kemijski sastav fotoosjetljivog sloja, postoje diazo, koloidni i fotopolimerni kopirni slojevi. Kod konvencionalnih postupaka, prijenos motiva s kopirnog predloška na tiskovnu formu, provodi se tzv. kopirnim postupkom. Kod računalno vođenih postupaka, uz pomoć uređaja za ispis koji sadrži laser, formiraju se tiskovni elementi i slobodne površine na površini mrežice. Tijekom ekspozicije fotoosjetljivog materijala (u konvencionalnim i CtP postupcima) odvijaju se određene fotokemijske reakcije. One utječu na promjene fizikalno-kemijskih svojstava fotoosjetljivog sloja i omogućuju promjenu topivosti koja je osnova za izradu tiskovne forme i formiranja tiskovnih i slobodnih površina. Tijekom procesa razvijanja uklanjaju se dijelovi kopirnog sloja koji su topivi u određenom otapalu.

Postupci prijenosa motiva s kopirnog predloška mogu biti pozitivski i negativski, ovisno o vrsti fotoosjetljivog sloja koji se koristi. Kopirni postupci dijele se još prema načinu kopiranja na izravne i neizravne postupke. Kod izravnih (direktnih) postupaka fotoosjetljivi sloj se nanosi postupkom oslojavanja na mrežicu te se osvjetljava kroz predložak koji se nalazi u kontaktu sa fotoosjetljivim slojem. Kod neizravnog (indirektnog) postupka kopirni sloj se nalazi na posebnom prijenosnom mediju koji može biti papir ili polimerna folija. Nakon osvjetljavanja kopija se prenosi na buduću tiskovnu formu te se nakon toga razvija. Proces kopiranja jedan je od najznačajnijih procesa prilikom izrade tiskovne forme. Pogreške nastale tijekom ovog procesa mogu rezultirati odstupanju od zadanih dimenzija tiskovnih elemenata i konačnom dobivenom otisku koji nije vjeran originalu. [1]

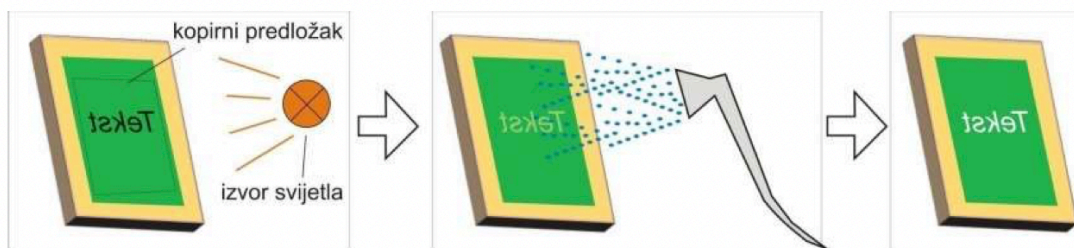
2.1.1. POSTUPCI IZRADE TISKOVNIH FORMI

Tiskovna forma za propusni tisak izrađuje se tako da se mrežica osloji fotoaktivnim slojem, zatim slijede procesi kopiranja i razvijanja sloja koji je osvijetljen, izravnim ili neizravnim postupkom. Tiskovna forma može se višekratno upotrebljavati sve dok ne dođe do deformacije ili pucanja niti mrežice. Postoje dva načina izrade tiskovne forme za propusni tisak: fotomehanički način izrade i CtP postupak izrade.

2.1.1.1. FOTOMEHANIČKI POSTUPCI

Fotomehanički postupci dijele se na direktne i indirektne. Indirektnim postupkom tiskovna forma se ne osvijetljava direktno nego preko tanke plastične folije oslojene fotoosjetljivim slojem koji je najčešće koloidnog tipa i senzibiliziran je diazo spojevima. [1] Plastična folija kao takva ima ulogu prijenosnog medija. Na plastičnu foliju se osvijetljava u kopirnoj rami pomoću predloška. Nakon što se osvijetli, u procesu razvijanja uklanjaju se dijelovi fotoosjetljivog sloja koji su topivi, zaostali fotoosjetljivi sloj nabubri i s folijom se prenosi na donju stranu mrežice pomoću mehaničkog pritiska. Folija se odstrani nakon sušenja. Na taj način fotoosjetljivi sloj uđe u strukturu mrežice i tvori zatvorene očice mrežice, odnosno slobodne površine.

Direktni (izravni) postupak izrade započinje pripremom fotoosjetljivog sloja kojeg čine diazo-senzibilizator i emulzija (fotoosjetljivi sloj). Slijedi postupak oslojavanja emulzije na mrežicu koji se odvija ručno lađicom ili u automatiziranom stroju te postupak sušenja. Osvjetljavanje se vrši u kopirnoj rami kroz pozitivski, stranično ispravan predložak. Za razvijanje nakon osvijetljavanja koristi se voda ili razvijач te se nakon toga tiskovna forma suši (Slika 3).



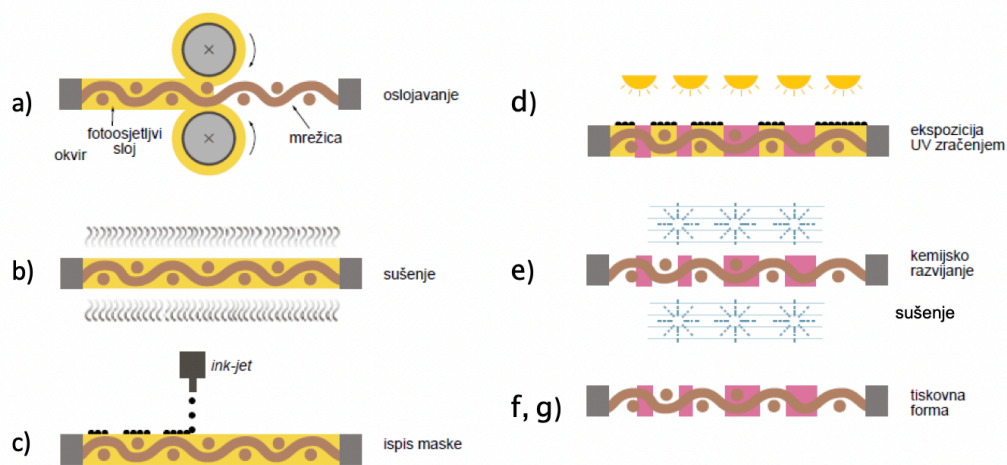
Slika 3. Fotomehanički-direktni postupak izrade tiskovne forme
 (https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3350786/mod_resource/content/1/Predavanje12-tf-za-propusni-tisak.pdf)

Direktni postupak izrade sa *diazo dual-cure* kapilarnim filmom u pojedinim fazama izrade razlikuje se od prethodno objašnjenog. Obuhvaća prethodnu pripremu mrežice. Kako bi kapilarni film bolje prionuo na mrežicu potrebno ju je odmastiti uz pomoć sredstava za odmašćivanje i isprati vodom. Nakon toga slijedi postupak prijenosa filma na mrežicu. Kapilarni film potrebno je okrenuti matiranom stranom (stranom emulzije) prema mrežici te ga metodom rolanja aplicirati. Zatim se mrežica suši, uklanja se noseća folija te se u kopirnoj rami za osvjetljavanje tiskovne forme za propusni tisak vrši osvjetljavanje kroz predložak. Završne faze su razvijanje i sušenje. [5]

2.1.1.2. DIGITALNI POSTUPCI

Pojam CtP tehnologija (engl. *Computer to Plate*) odnosi se na digitalno vođene postupke izrade tiskovnih formi koji podrazumijevaju direktan ispis motiva na površinu tiskovne forme. Napredak CtP tehnologije imao je utjecaj na razvoj grafičke tehnologije. U propusnom tisku počinje se upotrebljavati nakon primjene ove tehnologije u izradi drugih vrsta tiskovnih formi. Kod CtP postupaka nije potrebno koristiti filmove jer se pomoću CtP uređaja formira maska ili se izravno aplicira materijal na mrežicu koji će formirati slobodne površine, odnosno zatvoriti očice mrežice. Ne korištenje filmova pri izradi tiskovne forme smanjuje troškove materijala, otpada, broj zaposlenih, skraćuje proizvodni proces i vrijeme ekspozicije. Impozicija je pravilan i unaprijed definiran raspored stranica po površini tiskovne forme. Kod digitalne montaže stranice se slažu na digitalni tiskovni arak što uvelike ubrzava i olakšava proces te smanjuje i mogućnost pogreške prilikom izrade. [14]

Kod naprednih postupaka izrade većina sustava koristi *ink jet* tehnologiju. Formira se maska na površinskom dijelu mrežice apliciranjem *ink jet* tiskarske boje ili otopljenog voska koji imaju potrebnu gustoću zacrnjenja kako bi se spriječilo osvjetljavanje emulzije na mjestima budućih tiskovnih elemenata. Prije nego što se maska aplicira, fotoosjetljivi sloj (emulzija) mora biti postavljen i osušen. Nakon apliciranja maske *ink jet* postupkom slijedi osvjetljavanje emulzije u konvencionalnom uređaju UV zračenjem. Površine koje nisu osvjetljene tijekom tog postupka ostaju topljive te se u idućoj fazi ispiru vodom, a one osvjetljene prelaze u netopljivo stanje. Nakon ispiranja i sušenja tiskovna forma je spremna za upotrebu (Slika 4). [2]



Slika 4. Izrada tiskovne forme *ink jet* sustavom

(https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3890693/mod_resource/content/1/

Predavanje10-CtS-sustavi.pdf)

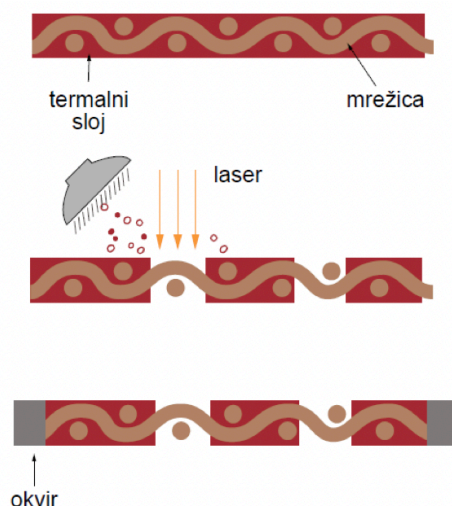
Za izradu tiskovne forme UV zračenjem potreban je uređaj kojim se direktno osvjetljava fotoosjetljivi sloj (negativski) na mrežici UV zračenjem. Za fotoosjetljivi sloj koriste se diazo slojevi te je prvi korak u izradi oslojavanje mrežice automatskim uređajem za oslojavanje. Zatim slijedi sušenje, ispis laserom u CtP uređaju i razvijanje u vodi pri čemu se uklanjaju neosvijetljene površine fotoosjetljivog sloja. Zadnji korak u izradi je sušenje.

Ispis fotoosjetljivog materijala ablacijom najjednostavniji je postupak izrade tiskovne forme. Taj postupak upotrebljava se u dva sustava.

Jedan od ta dva sustava koristi dvoslojnu mrežicu koja se nalazi u roli s nanesenim fotoosjetljivim slojem i LAMS (eng. *Laser Ablated Mask*) maskom. Mrežica se učvršćuje za okvir i postavlja u CtP uređaj s integriranim IR laserom, koji postupkom ablacije uklanja LAMS masku te tako stvara tiskovne elemente. Tijekom ablacije jedinica za usisavanje uklanja čestice. Slobodne površine nastaju tijekom ekspozicije UV zračenjem - polimeriziraju dijelovi polimernog materijala. Razvijanjem se uklanjaju dijelovi polimera koji su topivi i nalaze se na mjestu tiskovnih površina zajedno sa LAMS maskom. Nakon sušenja tiskovna forma je spremna za otiskivanje.

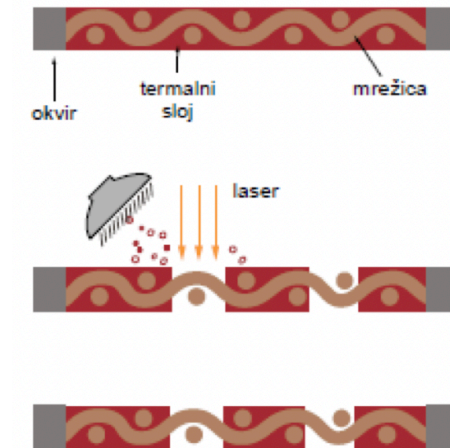
Suhi termalni postupak je drugi postupak termalne ablacije. Motiv se prenosi na površinu mrežice na način pri kojem na mjestima tiskovnih površina termalni sloj uklanja laser koji emitira toplinski zračenje. Tiskovna forma izrađuje se u jednoj procesnoj fazi bez kemijskog procesa, direktno iz računala. Nije potrebno nanošenje fotoosjetljivog materijala, osvjetljavanje, razvijanje, sušenje niti pranje tiskovne forme. Postupak ispisa može se provoditi na dva principa.

Prvi princip zahtjeva predoslojen termalni sloj u obliku role na površini mrežice koja se postavlja u CtP uređaj gdje dolazi do termalne ablacije uz paralelno usisavanje ablacijskih čestica. Mrežica se nakon toga pričvrsti za okvir (Slika 5).



Slika 5. Termalna ablacija - suhi termalni postupak 1. princip
([https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3890693/mod_resource/content/1/
Predavanje10-CtS-sustavi.pdf](https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3890693/mod_resource/content/1/Predavanje10-CtS-sustavi.pdf))

Za drugi princip izrade koriste se isti materijali kao i u prethodno opisanom postupku. Na mrežici je predoslojen termalni sloj. Ispis se odvija u CtP uređaju direktno na mrežicu. Razlika između ova dva principa je u tome da je kod ovog mrežica već napeta na okvir. Ovim načinom eliminiraju se moguće greške koje nastaju prilikom postavljanja mrežice na okvir (Slika 6).

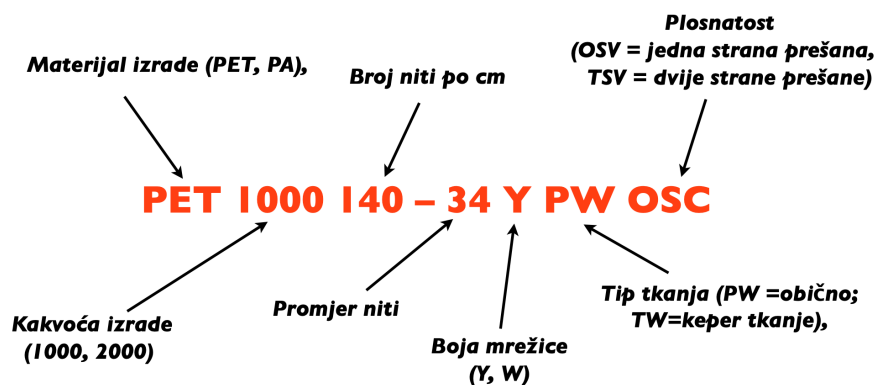


*Slika 6. Termalna ablacija - suhi termalni postupak 2. princip
([https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3890693/mod_resource/content/1/
Predavanje10-CtS-sustavi.pdf](https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3890693/mod_resource/content/1/Predavanje10-CtS-sustavi.pdf))*

2.1.2. OZNAČAVANJE TISKOVNIIH FORMI

Mrežice su definirane prema određenoj nomenklaturi koja sadrži 7 varijabli (Slika 7) koje su važne za detaljan opis svojstva mrežice:

1. Materijal od kojeg je mrežica napravljena
2. Kakvoća izrade
3. Broj niti po centimetru
4. Promjer niti
5. Boja mrežice
6. Tip tkanja
7. Plosnatost



Slika 7. Nomenklatura mrežice za propusni tisak

(https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4979518/mod_resource/content/1/MTT%20predavanje%207b.pdf)

2.1.3. PARAMETRI KOJI ODREĐUJU KVALITETU TISKOVNIH FORMI

Svojstva koja definiraju kvalitetu tiskovnih formi:

1. Broj niti po centimetru

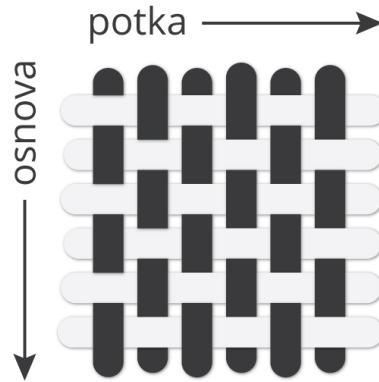
Otvor očica utvrđen je brojem niti po centimetru dužine mrežice - linijaturom. Na tržištu su dostupne mrežice rađene od sintetskih ili prirodnih materijala od 10 niti/cm do 200 niti/cm, dok su mrežice od kovina sa manjim brojem niti.

2. Promjer niti

Promjer niti izražen je u mikrometrima (μm) isto kao otvor očice mrežice i debljina mrežice.

3. Otvor očice

Jedna od glavnih karakteristika koja određuje kvalitetu mrežice i tiskovne forme su otvori očica mrežice kojima se definira njezina finoća. Otvor očice mjeri se okomito na ravninu mrežice. To je razmak koji se mjeri između susjednih niti potke i osnove.



Slika 8. Raspored potke i osnove na mrežici
 (<https://www.svijetmetraze.hr/blog-post/sve-o-materijalu-tkanina>)

4. Teorijski volumen boje

Teorijski volumen boje definira koja je efektivna količina boje koju određena mrežica u propusnom tisku prihvaća. Njegova vrijednost izračunava se iz odnosa debljine mrežice i otvorenosti mrežice. Izražava se u cm^3/m^2 . [3]

5. Debljina mrežice

Debljina mrežice važna je kod izračunavanja teorijskog volumena boje. Debljina nanosa boje na tiskovnu podlogu raste povećanjem debljine mrežice.

6. Otvorenost površine mrežice

Otvorenost površine mrežice izražena je u postotku (%). Ona definira odnos svih otvora mrežice u odnosu na ukupnu površinu. To je vrijednost koja se također uz debljinu mrežice koristi za izračunavanje teorijskog volumena boje.

7. Način tkanja

Način tkanja definira kako se niti potke i osnove isprepliću (Slika 8). [5]

2.2. TISKOVNE PODLOGE ZA PROPUSNI TISAK

Jedna od glavnih prednosti prepusnog tiska je ta da se može otiskivati na razne površine neovisno o veličini, debljini, upojnosti i zakrivljenosti tiskovne podloge. Primjeri

tiskovnih podloga: papir, karton i ljepenka, metal, drvo, plastika, tekstil, koža, staklo, keramka, elektrotehnika i slično. [6] S obzirom na navedene karakteristike tiskovnih podloga potrebno je izbor tiskarske boje prilagoditi podlozi. Poželjno je da podloga prođe testiranje utjecaja boja kako bi se odredile dimenzijske promjene kao što su savijanje i iskrivljavanje koje su produkt utjecaja boja i otapala. Od velike je važnosti materijal aklimatizirati na atmosferske uvjete kakvi su u prostoriji za tiskanje. Idealno bi bilo da su uvjeti u prostoriji za tiskanje i u prostoru za skladištenje usklađeni. Na dimenzionalnu stabilnost materijala na koji se otiskuje veliki utjecaj imaju vlažnost zraka i temperatura zraka posebice kada su u pitanju upojni materijali kao što su papir i karton. Temperatura ima utjecaj na sadržaj relativne vlage u tiskovnoj podlozi. [3] Biljna vlakna koja sačinjavaju papir i karton su higroskopna što znači da zadržavaju i upijaju vodu iz okoline. [9] Koliko će se apsorbirati vode ovisi o kvaliteti papira, a njegovo higroskopno ponašanje ovisi o prethodnoj pripremi. Papir koji se suši apsorbirat će manje vode od papira koji se ostavi vlažan. Papiri napravljeni od mehaničke pulpe apsorbiraju najviše vlage, oni od drvene pulpe (celulozni) su u sredini, dok papiri napravljeni od tekstilnog otpada imaju najmanju sposobnost apsorpcije vode. Apsorpcija se smanjuje povećanjem udjela punila. [3]

Tisak na oble predmete zahtjeva fleksibilnu tiskovnu formu kako bi se ostvario potpuni kontakt sa zakrivljenim površinama. Mrežice napravljene od niti poliamida vrlo su elastične i omogućavaju potpuno prijanjanje na različite oblike predmeta i površina te se upravo one najčešće koriste kod ovakvih vrsta tiskovnih podloga (Slika 9). [3]



Slika 9. Plošni tisak na oble predmete - šalice

(<http://www.danivalentino.com/en/screenprinting/screen-printing-on-metal-glass-ceramics>)

2.3. TISKARSKE BOJE ZA PROPUSNI TISAK

Glavna uloga tiskarske boje je prijenos motiva s tiskovne forme na tiskovnu podlogu.

Tehnika propusnog tiska ima mogućnost korištenja najšire palete boja. Njihov izbor ovisi o tiskovnoj formi i tiskovnoj podlozi.

Boje koje se koriste u propusnom tisku, u odnosu na svojstva tiskovnih podloga na koje se vrši otiskivanje, dijele na:

1. Boje koje suše oksipolimerizacijom i napravljene su na bazi smola i laneno uljnih veziva.
2. Boje koje se suše isparavanjem otapala.

Boje za propusni tisak potrebno je pripremiti neposredno prije tiska. Jednokomponentne boje upotrebljavaju se kod tiska na podloge koje imaju veću moć apsorbaranja - upojne podloge. Nastaju tako da se originalnoj boji dodaje razrjeđivač kao dodatak. On regulira ujedno i viskoznost boje. Viskoznost je svojstvo koje ima utjecaj na prolaznost boje kroz otvorene očice mrežice (tiskovne elemente), oštrinu rubova i debljinu nanosa na tiskovnu podlogu. Veća viskoznost rezultira većom brzinom tiska. Jednokomponentne boje suše hlapljenjem, penetracijom u podlogu i oksipolimerizacijom. Osim jednokomponentnih boja u propusnom tisku koriste se i dvokomponentne brzосуšeće boje. Uz pomoć njih se vrši tisak na neupojne tiskovne podloge kao što su staklo, metal i keramika. Originalnoj boji (bazi) dodaje se katalizator u određenim omjerima koji su naznačeni u tehničkim specifikacijama. Katalizatori su tvari koji imaju svrhu ubrzavanja kemijskih reakcija. Sušenje boje kombinacija je polimerizacije između katalizatora i boje i hlapljenje otapala. Dodavanjem topline skraćuje se vrijeme potrebno za sušenje boje i ujedno se poboljša svojstvo otpornosti proizvoda jer takav sloj stvrdnute boje ima veliku otpornost na kiseline, lužine i otapala i podnosi visoke temperature. [10]

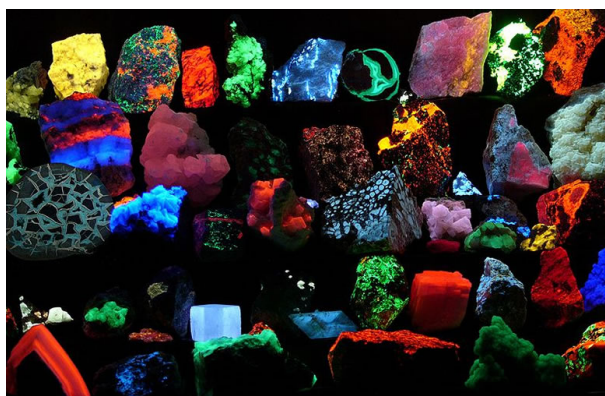
2.3.1. BOJE SA SPECIJALNIM EFEKTIMA

Zbog velikog količinskog nanosa boje ovom je tehnikom tiska moguće ostvariti postizanje posebnih i željenih efekata uz upotrebu metalnih i svjetlećih boja. Također, velik nanos boje produžava postojanost boje na tiskovnoj podlozi. [10]

2.3.2. LUMINISCENCIJA I LUMINISCENTNE TISKARSKE BOJE

Luminiscencija obuhvaća emisiju elektromagnetskog zračenja atoma i molekula koja je rezultat prelaženja elektrona u niže energetska stanja od pobuđenog. Luminiscentni koloranti su tvari koje emitiraju zračenje u ultraljubičastom (UV), vidljivom ili infracrvenom dijelu spektra bez da zrače toplinu. [11] Te tvari mogu se naći u tri agregatna stanja: plinovitom, tekućem i krutom.

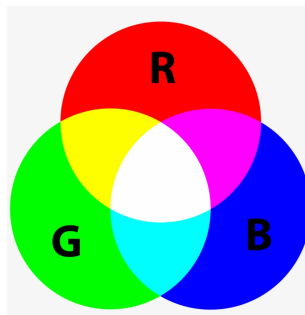
Najvažniji oblik luminiscencije je fotoluminiscencija koja se dijeli na fosforescenciju i fluorescenciju. Fluorescencija je pojava koja se javlja kada neka tvar apsorbira određenu valnu duljinu zračenja ili skupine valnih duljina i zatim ponovo emitira fotone različite valne duljine. [13] Traje za vrijeme djelovanja primarnog zračenja. Za razliku od fluorescencije, fosforescencija traje neko vrijeme i nakon prekida emitiranja primarnog zračenja. Raspon trajanja može biti od par sekundi do nekoliko sati. Najčešće se događa da je valna duljina emitiranog svjetla veća od valne duljine apsorbiranog, no emitirano svjetlo može biti jednake valne duljine kao apsorbirano. To se naziva rezonantna fluorescencija. [12] Fluorescencija se javlja i u prirodi kod mnogih organskih i anorganskih tvari. Primjer su tla sa humusom i razne bakterije, minerali. U muzejima se može vidjeti fenomen fluorescencije minerala obasjanih lampom koja emitira UV svjetlost (Slika 10).



Slika 10. Fluorescencija minerala osvijetljenih UV svjetlom
(<https://geology.com/articles/fluorescent-minerals/>)

Postoje organski i anorganski fluorescentni pigmenti. Organski pigmenti koji imaju sposobnost fluorescencije pri dnevnom svjetlu, nisu prirodno nastali već su ih stvorili amerikanci Joe i Bob Switzer tridesetih godina 20. stoljeća kombiniranjem određenih boja i smola. Tom kombinacijom nastajale su boje koje su bile puno svjetlije od normalnih te su sjajile pod UV zračenjem ili u mraku. Te boje u početku su se koristile u plakatima za promociju filmova, u raznim predstavama te za proizvodnju svjetlećih signalnih pločica u Drugom svjetskom ratu.

Anorganski fluorescentni pigmenti razlikuju se od organskih po tome što je većina njih bezbojna ili su nježne pastelne boje pod svjetlosti dana. Međutim, dok ih obasja UV svjetlost vidljive boje anorganskih pigmenata su boje aditivne sinteze (Slika 11) i posljedica su emisije zračenja. Miješanjem istih količina zelenog i crvenog svjetlećeg pigmenta rezultirat će nastajanjem žutog svjetlećeg pigmenta. Primjer su lampe, televizor.



Slika 11. Boje aditivne sinteze

(https://www.nicepng.com/ourpic/u2q8o0t4y3a9u2q8_additive-color-mixing-additive-color/)

Kod anorganskih spojeva luminiscencija je definirana njihovom kristalnom strukturom te se ona mijenja ili potpuno nestane kad se njihova struktura promijeni na bilo koji način kao na primjer taljenjem, lomljenjem ili raspadanjem. Danas postoji poseban asortiman anorganskih fluorescentnih pigmenata koji su posebno površinski obrađeni kako bi zadovoljili zahtjeve tiskarske industrije. Njihova najveća današnja primjena je u industriji sigurnosnog tiska (Slika 12). [11]



Slika 12. Sigurnosni tisak na novčanicama

(<http://philmoney.blogspot.com/2007/06/security-feature-fluorescent-printing.html>)

Koriste se i kao završna obrada vatrogasnih vozila i vozila hitne pomoći, za dekorativno bojanje elemenata spomenika, vrtova i skulptura. Imaju i važnu ulogu u industriji oglašavanja.

Luminiscentne tiskarske boje su fluorescentne boje. Rezultat tih posebnih molekula pigmenta je pretvorba nevidljivog UV dijela dnevnog svjetla u vidljivo svjetlo. Za proizvodnju fluorescentne boje potrebni su određeni fluorescentni pigmenti. U propusnom tisku to su organska fluorescentna bojila obavijena u smolu. Smola umanjuje štetne učinke iz okoline kao što su vlažnost, temperatura i drugo. Fluorescentni pigmenti imaju kratko svjetlo i prozirni su. Postojanost pigmenta na svjetlo je otprilike 4 na ljestvici od mogućih 8. [11]

3. EKSPERIMENTALNI DIO

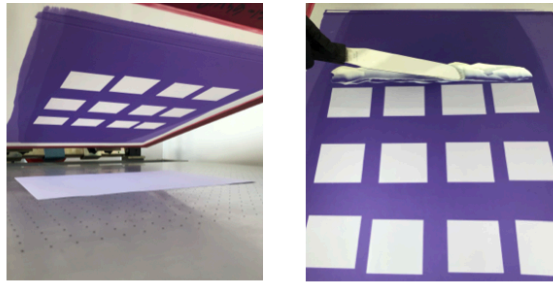
3.1. METODOLOGIJA RADA

Kako bi što bolje uočili promjene u debljini nanosa i stabilnosti otisaka korišten je jednostavan motiv u obliku manjih kvadrata. Pomoću kopirnog predloška motiv je prenesen na mrežicu tiskovne forme. Prije tog postupka mrežicu je bilo potrebno očistiti sredstvom za odmašćivanje, isprati u vodi, osušiti te na nju pomoću lađice nanijeti emulzijski sloj. On je nanesen dva puta s rakelske strane sita te jednom s tiskovne strane. Nakon nanosa, emulziju nanesenu na mrežicu bilo je potrebno osušiti. Za vrijeme sušenja provjeravala se suhoća mrežice i emulzijskog sloja. Mrežica i emulzijski sloj moraju biti potpuno suhi kako ne bi došlo do neželjenog utjecaja na kvalitetu formiranja motiva na tiskovnoj formi. Za provjeru razine sušenja korišten je uređaj Humicheck, SEFAR. Nakon provjere provelo se ručno otiskivanje. Tiskovna forma učvršćena je na držače, a tiskovna je podloga (ofsetni nepremazani papir) bila postavljena ispod nje. Vakumska pumpa, koja je sastavni dio uređaja za otiskivanje, osigurava da papir ostane na mjestu prilikom otiskivanja. Dvije tiskarske boje korištene su prilikom otiskivanja. Jedna se sastoji od luminiscentnog crvenog pigmenta, a druga od luminiscentnog zelenog pigmenta. Svaki od njih zasebno se miješa s transparentnom bazom. Udio pigmenta u bazi je 3%.

Tiskovna boja nanesena je na gornji dio mrežice pomoću špatule. Povlačenjem rakela dolazi do kontakta tiskovne forme sa tiskovnom podlogom. Tiskovna boja prolazi kroz otvorene očiće mreže do tiskovne podloge na koju otiskuje zadani motiv (Slika 14). Otiskivalo se sa tri sita različitih linijatura (20, 40 i 60 lin/cm) i u tri nanosa iste boje. Nakon završetka procesa otiskivanja, uslijedio je proces sušenja u atmosferskim uvjetima. Otisci dobiveni korištenjem tiskovne forme najveće vrijednosti linijature (60 niti/cm), a ujedno i najmanjim nanosom boje izrađeni su u tri nanosa za svaku boju. Nakon sušenja uzorci su izloženi ubrzanom starenju u laboratorijskom uređaju kako bi se provela analiza stabilnosti fluorescentnih boja. Vrijeme trajanja izloženosti uzoraka je bilo 6 i 12 sati.

Na uzorcima je izmjerena debljina nanosa tiskarske boje za svaki otisak te su provedena optička i spektrometrijska mjerenja. Mjerenje refleksije UV luminiscentnih otisaka,

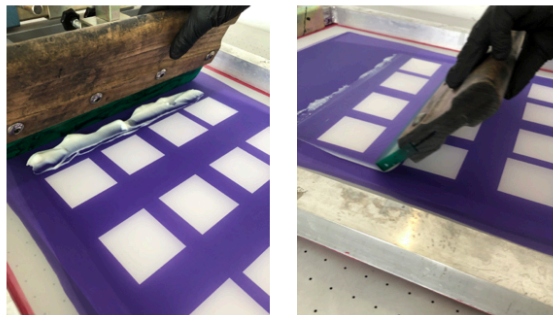
odnosno spektrometrijska mjerenja provedena su uređajem Ocean Optics USB 2000+ i izvorom UV zračenja DH-2000.



POSTAVLJANJE TISKOVNE PODLOGE I TISKOVNE FORME NA
UREĐAJ ZA OTISKIVANJE

I

NANOŠENJE BOJE NA TISKOVNU FORMU



PROTISKIVANJE BOJE RAKELOM



SUŠENJE OTISAKA

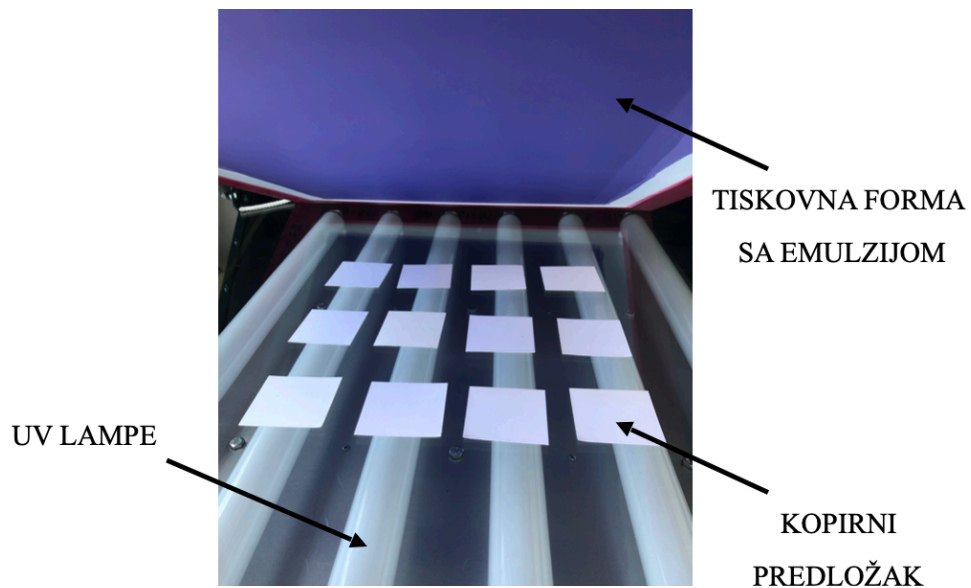
Slika 14. Proces otiskivanja

3.2.KORIŠTENI UREĐAJI

3.2.1. UREĐAJI ZA IZRADU TISKOVNE FORME

EXPOS-IT, Vastex international (Slika 15) je uređaj koji je korišten za osvjetljavanje tiskovne forme. UV lampe u uređaju dugačke su 71 centimetar. Uređaj sadrži 40 Watt

H.O. Pomoću digitalnog timera koji je sastavni dio uređaja, kontrolira se vrijeme ekspozicije. Tiskovne forme osvijetljene su 2 minute.



Slika 15. Uređaj EXPOS-IT, Vastex international – priprema za osvijetljavanje tiskovne forme

Nakon osvijetljavanja za sušenje mrežice i emulzijskog sloja na tiskovnoj formi koristi se sušionik DRI-VAULT 10, Vastex international (Slika 16).



Slika 16. DRI-VAULT 10, Vastex international

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

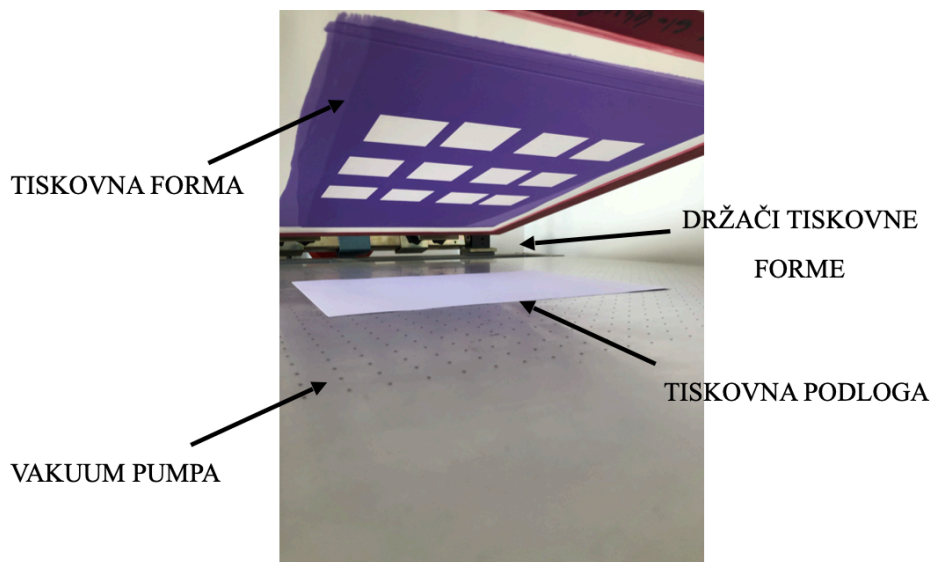
Uređajem Humicheck, SEFAR (Slika 17) provjerava se razina sušenja mrežice i emulzijskog sloja. Kada uređaj pokaže vrijednost 0, tiskovna forma je suha i spremna za proces otiskivanja.



Slika 17. Uređaj Humicheck, SFEAR

(<https://docplayer.net/102147294-Sefar-screen-printing-accessories.html>)

Otiskivanje se provodilo ručno na uređaju za ručno otiskivanje (Slika 18). Uređaj sadrži vakuum pumpu koja se aktivira nakon spuštanja sita i ima ulogu pridržavanja tiskovne podloge na postavljenom mjestu prilikom otiskivanja. Sadrži i držače sita na koje se netom prije otiskivanja sito pričvršćuje.



Slika 18. Uređaj za ručno otiskivanje

Debljina nanosa boje na tiskovnoj podlozi mjerena je uređajem SaluTron D4 (Slika 19). Mjeriti se mogu sve vrste nemetalnih premaza na brojnim vrstama tiskovnih podloga.

Raspon mjerenja uređaja je do 5 mm visoke preciznosti što omogućava kontrolu kvalitete otiska.



Slika 19. Uređaj SaluTron D4

Radi analize stabilnosti uzoraka dugotrajnim izlaganjem dnevnim svjetlu, uzorci su bili izloženi ubrzanom starenju u laboratorijskom uređaju Solarbox 1500E. Uređaj je opremljen s ksenonskom lampom koja emitira zračenje u području od 290 do 800 nm. Snaga zračenja može se kretati od 250 do 1100 W/m² a uređaj daje mogućnost korištenja različitih filtera koji simuliraju izlaganje uzoraka sunčevoj energiji, dnevnom svjetlu, infracrvenom svjetlu i dr. Temperaturu i vlažnost zraka u komori je također moguće kontrolirati. Za ovo istraživanje korišten je filter koji simulira dnevno svjetlo (Soda-lime glass UV filter, *indoor exposure*), temperatura izlaganja je bila 55° a snaga zračenja 550 W/m². Vrijeme izlaganja uzoraka je bilo 6 i 12 sati.

Spektrometrom Ocean Optics USB 2000+ i izvorom UV zračenja DH-2000 (deuterij-volfram halogena lampa) mjeri se spektralna refleksija otisnutih uzoraka. Refleksija UV luminiscentnih otisaka mjerena je u području između 500 nm i 600 nm za premaz koji emitira u zelenom području te za premaz koji emitira u crvenom području između 600 nm i 700 nm. Na pojedinim su uzorcima zbog izvora UV zračenja optički izbjeljivači u tiskovnoj podlozi uzrokovali ukupnu refleksiju od 150%, no to nije utjecalo na mjerenje područja emisije UV luminiscentne boje (Slika 20).



Slika 20. Mjerenje spektrometrom Ocean Optics USB 2000+

3.3. KORIŠTENI MATERIJALI

3.3.1. MATERIJALI ZA PRIPREMU FLUORESCENTNE BOJE

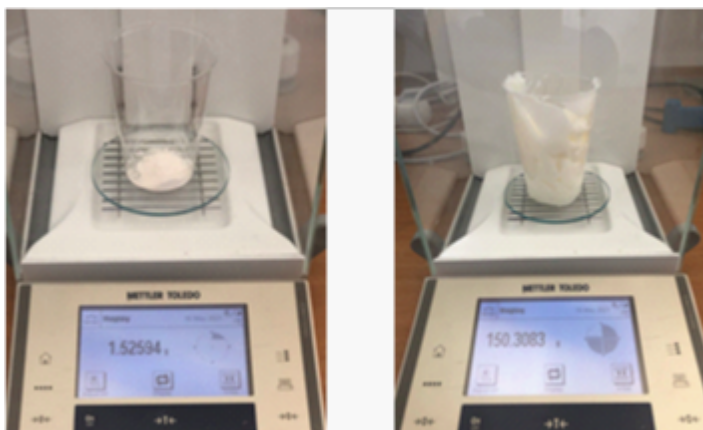
Fluorescentna boja izrađena je od dva luminiscentna pigmenta, luminiscentni crveni pigment (pigment koji izlaganjem UV zračenju emitira crvenu) i luminiscentni zeleni pigment (pigment koji izlaganjem UV zračenju emitira zelenu) (Slika 21). Pigmenti su umješani u transparentnu bazu (EptaInks, Trasparente de Taglio) (Slika 22 i 23). Njihov udio u bazi je 3%. Pri dnevnom svjetlu otisnuti premazi su blage pastelne boje i svjetlo zelene boje.



Slika 21. UV luminiscentni zeleni i crveni pigmenti



Slika 22. Transparentna baza



Slika 23. Mjerenje količine luminiscentnog pigmenta i količine transparentne baze prije miješanja

3.3.2. MATERIJALI ZA IZRADU TISKOVNE FORME

Za potrebe otiskivanja i izradu otisaka izrađene su tri tiskovne forme za propusni tisak koje se razlikuju u linijaturi mrežice: 20 niti/cm, 43 niti/cm, 61 niti/cm. Boja mrežica je bijela, a materijal od kojih su izrađene je poliester (PET). Mrežice je prije postavljanja na okvir bilo potrebno temeljno očistiti sredstvom za odmašćivanje (Pregan NT 9), isprati u vodi i osušiti. Fotoosjetljivi sloj sastojao se od hidrofilnog koloida u obliku tekućine (KIWO Azocol Z 133) i diazo senzibilizatora u obliku praha (KIWO Diazo 23 set) (Slika 24). Dobivena emulzija nanosena je na površinu mrežice uz pomoć lađice.



Slika 24. KIWO Azocol Z 133 i KIWO Diazo 23

3.3.3. TISKOVNA PODLOGA

Tiskovna podloga korištena za otiskivanje je ofsetni nepremazani papir, debljine približno 200 μm .

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. DEBLJINA NANOSA PREMAZA UV FLUORESCENTNIH BOJA

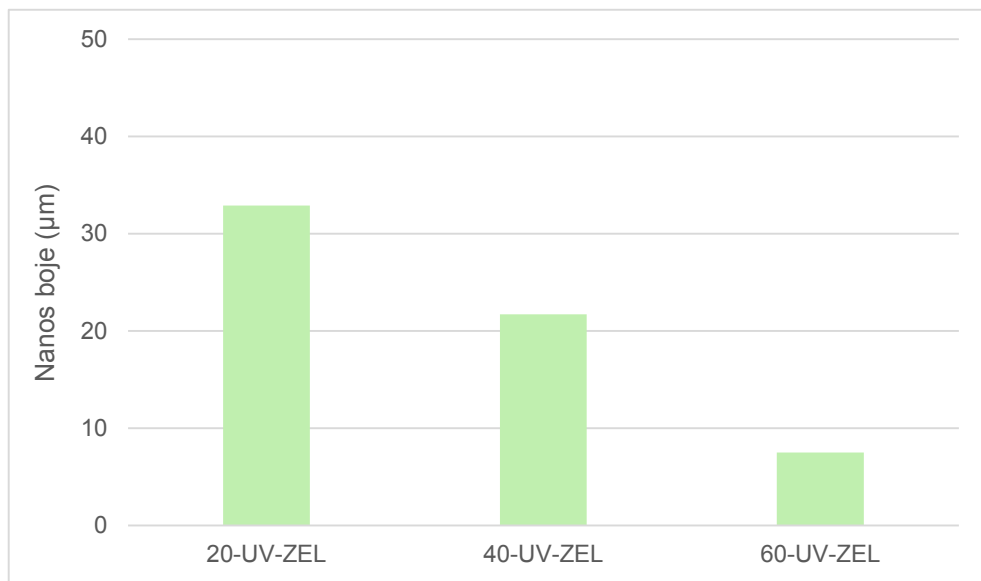
Otisci su izrađeni ručnim otiskivanjem koristeći tri tiskovne forme različitih linijatura. U konačnici dobili smo otiske za svaku od dvije različite tiskarske boje, crvenu i zelenu, sa različitim nanosima tiskarske boje te različitog vremena starenja (nestareni, stareni 6 sati i stareni 12 sati). Na otiscima izrađenim mrežicom najveće vrijednosti linijature napravljeni su primjerci u tri nanosa (jedan nanos, drugi nanos, treći nanos).

Mjerenja debljine nanosa boje na tiskovnu podlogu provedena su na svim otiscima uređajem SaluTron D4. Kao prvi korak potrebno je bilo izmjeriti debljinu papira na kojem se otiskivalo, zatim napraviti 10 mjerenja na različitim područjima otiska za svaki pojedini otisak. Vrijednost nanosa dobivena je oduzimanjem ukupne vrijednosti (zbroj vrijednosti debljine papira i premaza) od debljine papira. Srednja vrijednost debljine papira iznosi 200,8 μm . U Tablici 1. su prikazani rezultati mjerenja srednjih vrijednosti debljine nanosa fluorescentne boje.

Tablica 1. Rezultati mjerenja debljine nanosa.

Uzorak	Srednja vrijednost (μm)	Debljina nanosa (μm)
Papir	200,8	-
20-UV-CRV	245,2	44,4
20-UV-ZEL	233,7	32,9
40-UV-CRV	225,6	24,8
40-UV-ZEL	222,5	21,7
60-UV-CRV	216,3	15,5
60-UV-ZEL	208,3	7,50
60-UV-CRV (2nanosa)	231,2	30,4
60-UV-ZEL (2nanosa)	234,8	34,0
60-UV-CRV (3nanosa)	256,4	55,6
60-UV-ZEL (3nanosa)	242,2	41,4

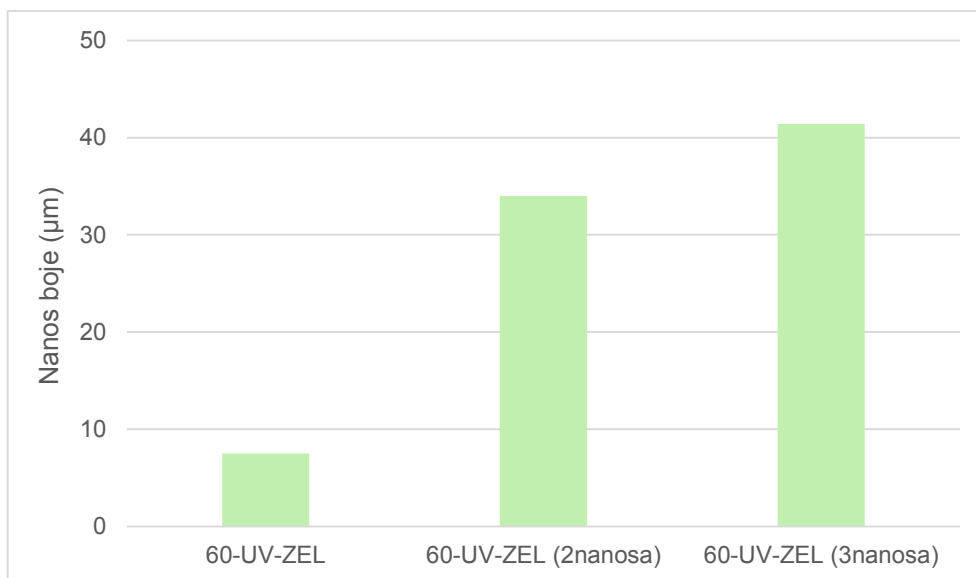
Slika 25 prikazuje dijagram ovisnosti debljine nanosa premaza fluorescentne zelene boje o linijaturi mrežice na tiskovnoj formi. Debljina nanosa razlikuje se ovisno o linijaturi mrežice na tiskovnoj formi. Najveći nanos dobiven je s tiskovnom formom linijature 20 lin/cm i iznosi 32,9 μm , dok je najmanji nanos dobiven s mrežicom 60 lin/cm i iznosi 7,5 μm . Takvi su rezultati i očekivani, obzirom da su kod manje linijature mrežice otvori na očicama veći te omogućavaju prijenos veće količine tiskarske boje na podlogu.



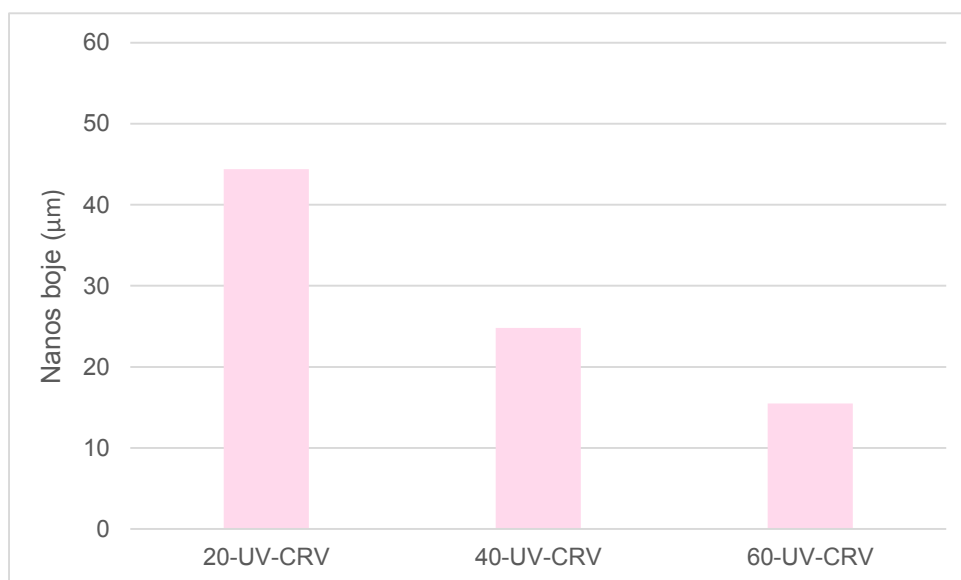
Slika 25. Ovisnost debljine nanosa fluorescentne zelene boje o linijaturi mrežice na tiskovnoj formi

Na slici 26. prikazan je dijagram ovisnosti debljine nanosa premaza fluorescentne zelene boje o broju uzastopnih otisaka. Tiskovnom formom s mrežicom 60 lin/cm izrađeni su otisci u tri nanosa tiskovne boje te su na njima provedena mjerenja. Iz priloženog vidljivo je da debljina nanosa boje za otisak s dva nanosa iznosi 34 μm a s tri nanosa 41,4 μm . Debljina nanosa otiska dobivenog jednim nanosom boje je 7,5 μm .

Iz rezultata prikazanih na slikama 25 i 26 je moguće zaključiti da debljina nanosa dobivena otiskivanjem s tiskovnom formom od mrežice linijature 20 lin/cm (32,9 μm) po prilici odgovara debljini nanosa boje dobivene uslijed otiskivanja 2 uzastopna nanosa boje s mrežicom linijature 60 lin/cm (34 μm).



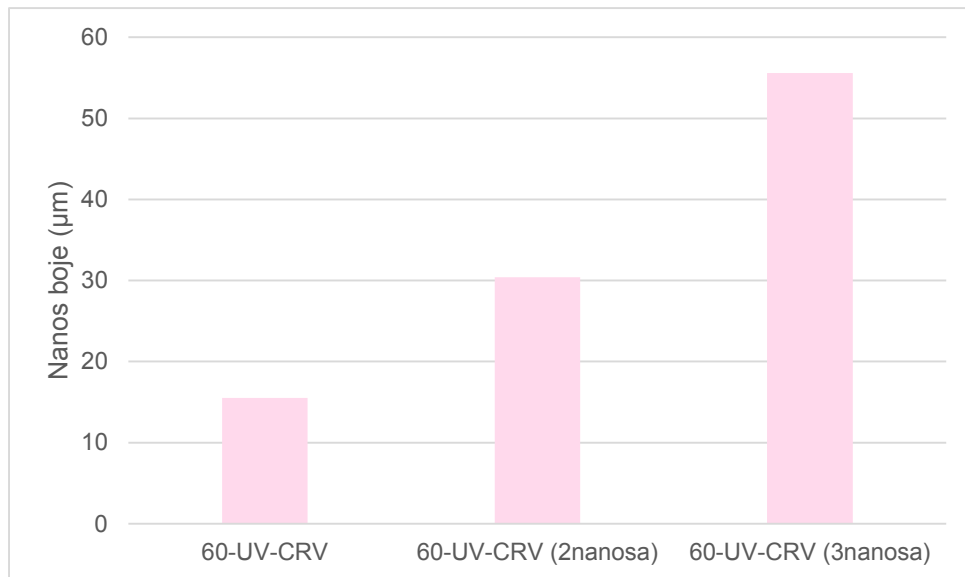
Slika 26. Ovisnost debljine nanosa fluorescentne zelene boje o broju uzastopnih otisaka



Slika 27. Ovisnost debljine nanosa fluorescentne crvene boje o linijaturi mrežice na tiskovnoj formi

Na dijagramu ovisnosti debljine nanosa premaza fluorescentne crvene boje o linijaturi mrežice na tiskovnoj formi (Slika 27) moguće je primijetiti promjenu debljine nanosa boje koja odgovara rezultatima na dijagramu ovisnosti debljine nanosa premaza fluorescentne zelene boje (Slika 25). Povećanjem linijature mrežice, smanjuje se nanos tiskovne boje. Najveći nanos iznosi 44,4 µm i dobiven je mrežicom linijature 20 lin/cm,

dok je najmanji nanos ($15,5 \mu\text{m}$) dobiven tiskovnom formom koja se sastoji od mrežice linijature 60 lin/cm.



Slika 28. Ovisnost debljine nanosa fluorescentne crvene boje o broju uzastopnih otisaka

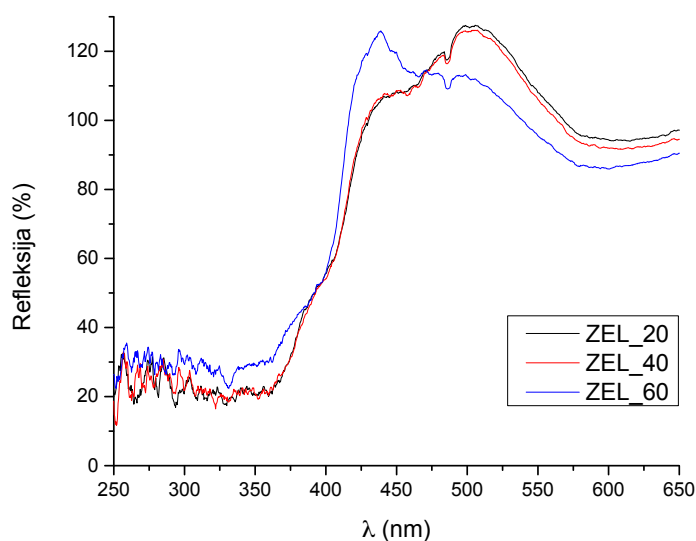
Slika 28. prikazuje dijagram ovisnost debljine nanosa premaza fluorescentne crvene boje o broju uzastopnih otisaka izrađenih mrežicom 60 lin/cm. Uočava se pravilan, gotovo linearan porast vrijednosti debljine nanosa boje s obzirom na broj nanosa. Vrijednost nanosa boje za otisak s jednim nanosom iznosi $15,5 \mu\text{m}$, s dva nanosa $30,4 \mu\text{m}$, s tri nanosa $55,6 \mu\text{m}$.

Iz slika 25 do 28 može se zaključiti da je debljina nanosa u određenoj mjeri veća kod premaza crvene fluorescentne boje, kod svih uzoraka. Moguće je da je promjer čestica crvenog pigmenta u odnosu na zeleni nešto manji što omogućuje protiskivanje većeg volumena tiskarake boje na podlogu. To se može zaključiti iz činjenice da je korištenjem mrežice linijature 60 lin/cm nanos crvene fluorescentne boje ($15,5 \mu\text{m}$) gotovo dvostruko veći od debljine nanosa zelene boje ($7,5 \mu\text{m}$).

4.2. SPEKTROFOTOMETRIJSKA ANALIZA OTISAKA

4.2.1. SPEKTRALNA REFLEKSIJA NESTARENIH UZORAKA

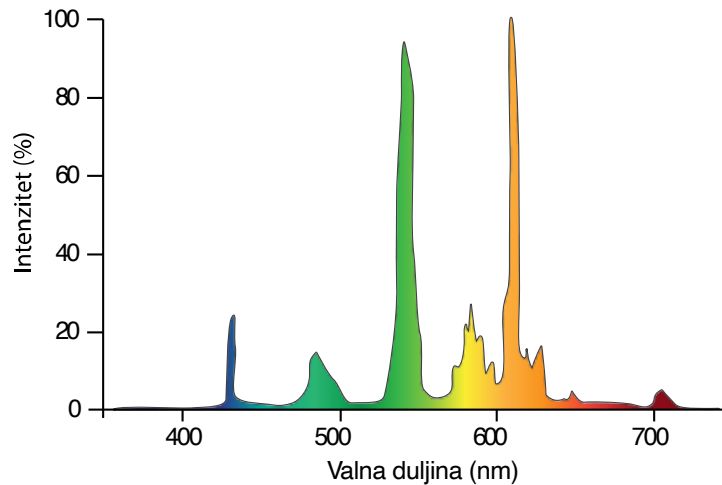
Na slikama 29 do 42 prikazani su rezultati spektrofotometrijskih mjerenja provedenih na uzorcima otisnutim s različitim linijaturama mrežica na tiskovnoj formi, s jednim i više uzastopnih slojeva fluorescentne boje i uzorci koji su stareni u laboratorijskim uvjetima s ksenonskom lampom koja je simulirala izlaganje otisnutih uzoraka dnevnom svjetlu, u trajanju od 6 i 12 sati.



Slika 29. Ovisnost spektralne refleksije premaza fluorescentne zelene boje o linijaturi mrežice na tiskovnoj formi

Na slici 29 prikazana je krivulja refleksije premaza fluorescentne zelene boje na ofsetnom papiru. Otisak izrađen mrežicom linijature 60 lin/cm ima najveću vrijednost refleksije na 425 i 450 nm. Krivulja otisaka izrađenih mrežicom 40 lin/cm i 20 lin/cm gotovo se u potpunosti preklapaju na određenim dijelovima spektra te imaju jednaku refleksiju u istom dijelu spektra. Njihova najveća vrijednost refleksije iznosi 125% u području između 500 i 550 nm. Prema dijagramu prikazanom na slici 30, gdje je vidljiv spektar refleksije različitih tipova fluorescentne rasvjete može se zaključiti slijedeće: područje emisije zelene fluorescentne boje je u području 475 i 550 nm, odnosno prema dijagramu na slici 29 izmjerena spektralna refleksija premaza, dobivena otiskivanjem s mrežicama linijature 20 i 40 lin/cm, odgovara spektru refleksije fluorescentne zelene

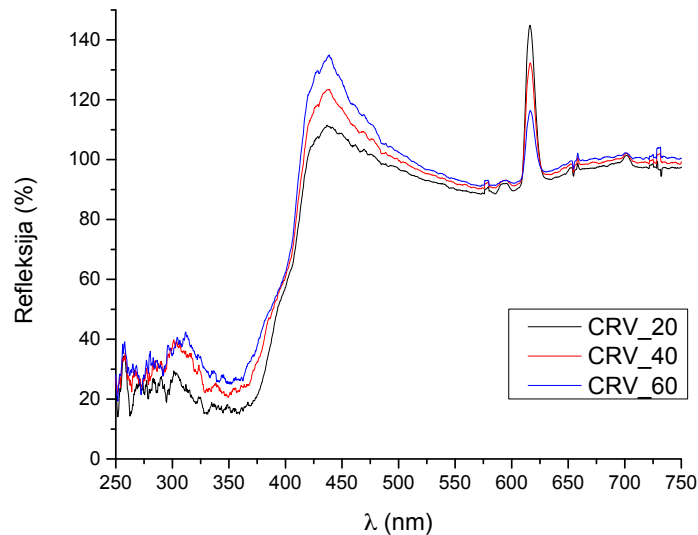
boje. Na premazu dobivenom s mrežicom od 60 lin/cm maksimum refleksije je u području između 425 i 450 nm, što nije područje refleksije fluorescentne zelene boje već područje ljubičasto plave boje. Ovdje se vjerojatno radi o utjecaju optičkih bjelila koji se nalaze u papirnoj podlozi na spektralnu refleksiju fluorescentnog premaza zelene boje koji, zbog nedovoljne debljine nanosa, utječe i na spektralnu refleksiju fluorescentne zelene boje.



Slika 30. Spektralna refleksija različitih tipova fluorescentne rasvjete
(<https://www.bug.hr/medicina/predstavlja-li-led-rasvjeta-zaista-opasnost-po-zdravlje-9597>)

Na slici 31 prikazana je ovisnost refleksije premaza fluorescentne crvene boje o linijaturi mrežice na tiskovnoj formi. Otisak izrađen mrežicom linijature 20 lin/cm ima najmanju vrijednost refleksije u svim područjima spektra osim na 625 nm gdje ima najveću vrijednost i postiže maksimum. Krivulja otisaka izrađenog mrežicom linijature 60 lin/cm najveću vrijednost kroz cijeli prikazani spektar osim na 625 nm. Tada ima najmanju vrijednost. Imajući u vidu prikaz na slici 30, gdje je vidljiv spektar refleksije različitih tipova fluorescentne rasvjete, može se zaključiti da je veći iznos spektralne refleksije uzoraka u području između 425 i 475 nm, također, kao i na primjeru sa zelenim fluorescentnim pigmentom, posljedica prodiranja refleksije optičkih bjelila iz papira kroz nanos crvene fluorescentne boje. Iz tog je razloga vrijednost refleksije i najveća na uzorku otisnutom s mrežicom od 60 lin/cm jer ona omogućuje dobivanje najmanje debljine premaza, a vrijednost refleksije dobivene na uzorku s 20 lin/cm je u

tom području najmanja jer dobivenim premaz ima i najveću vrijednost debljine nanosa boje i sprječava prodor releksije s optičkih bjelila. Refleksije očitane u području od 625 do 650 nm odgovaraju području emisije crvene fluorescentne boje (Slika 30) a najviša je očitana na nanosu boje koji je i najveći, dobiven s mrežicom linijature 20 lin/cm.

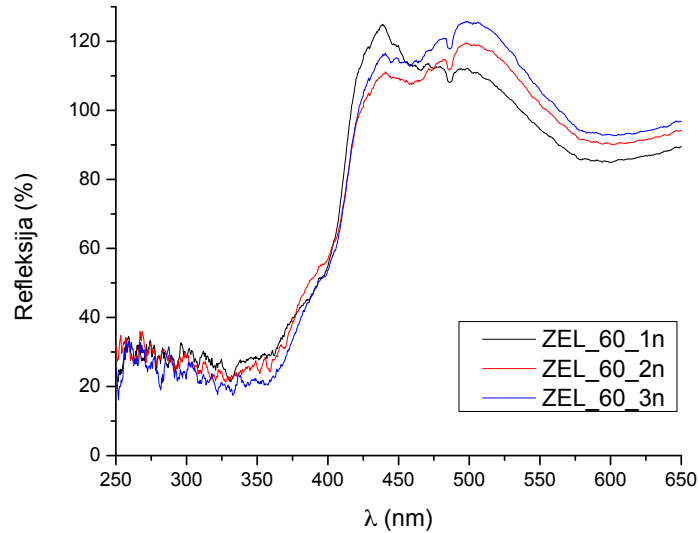


Slika 31. Ovisnost spektralne refleksije premaza fluorescentne crvene boje o linijaturi mrežice na tiskovnoj formi

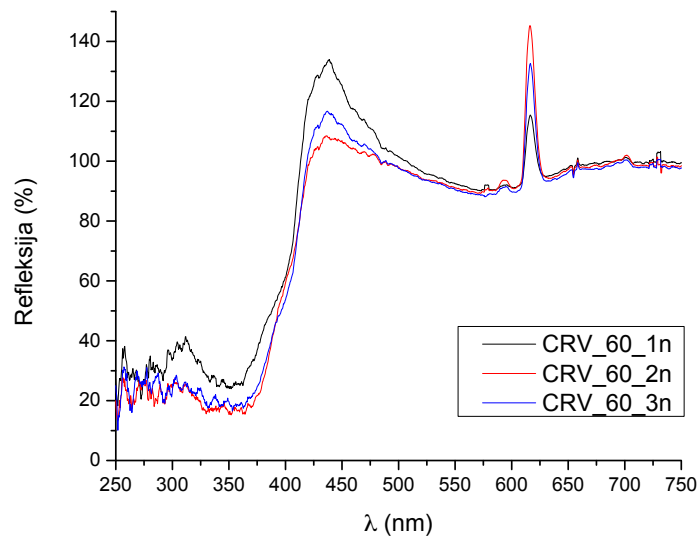
4.2.2. SPEKTRALNA REFLEKSIJA UZORAKA S VEĆIM BROJEM NANOSA

Slika 32 prikazuje ovisnost spektralne refleksije premaza fluorescentne zelene boje o broju uzastopnih nanosa. Otisci su izrađeni tiskovnom formom čija je mrežica linijature 60 lin/cm. Najveću refleksiju u području između 425 i 450 nm dostiže otisak s jednim nanosom tiskovne boje. Zatim mu refleksija pada te od 475 nm isti taj otisak ima najmanju refleksiju, dok najveću refleksiju tada postiže otisak s tri nanosa boje. Vrijednost refleksije otiska sa 2 nanosa boje nalazi se između otiska s 3 nanosa i otiska s jednim nanosom boje. Kako je već prije navedeno (slika 29) područje valnih duljina između 425 i 450 nm nije područje refleksije fluorescentne zelene boje već područje ljubičasto plave boje tako da je veća refleksija u tom području vjerojatno posljedica utjecaja optičkih bjelila koji se nalaze u papirnoj podlozi. Kod većeg broja nanosa boje (2 i 3 nanosa) sprječen je prodor refleksije optičkih bjelila i na spektralnu refleksiju tih

otisaka utječe primarno fluorescentni zeleni pigment u premazu (područje između 450 i 550 nm).



Slika 32. Ovisnost spektralne refleksije premaza fluorescentne zelene boje o broju uzastopnih nanosa (1, 2 i 3 nanosa, linijatura mrežice 60 l/cm)



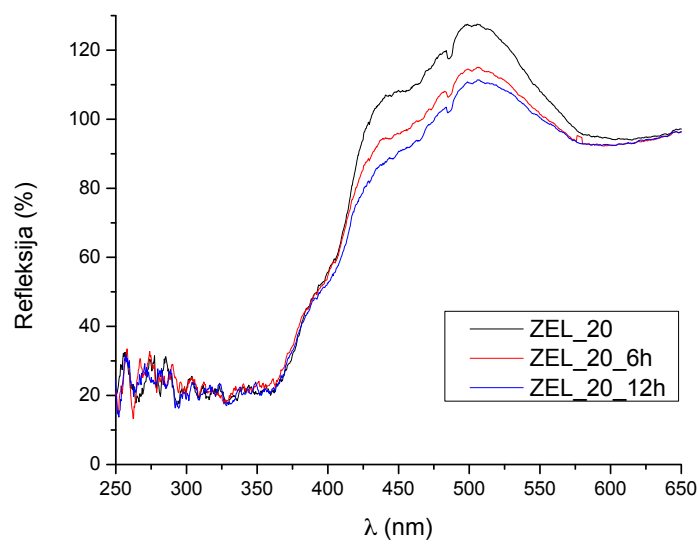
Slika 33. Ovisnost spektralne refleksije premaza fluorescentne crvene boje o broju uzastopnih nanosa (1, 2 i 3 nanosa, linijatura mrežice 60 l/cm)

Iz slike 33 primjećuje se da je najveća vrijednost refleksije premaza fluorescentne crvene boje (jedan nanos boje na otisak) u području spektra od 250 do 575 nm. Najveći maksimum i najveću vrijednost refleksije postiže otisak sa dva nanosa boje. Kao što je prije navedeno više vrijednosti refleksije su posljedica prodiranja refleksije optičkih bjelila iz papira zbog izuzetno malog nanosa tiskarske boje (Tablica 1). Kod većeg broja nanosa taj je utjecaj smanjen te je maksimum refleksije očit u području od 625 do 650 nm, koji odgovara području emisije crvene fluorescentne boje (Slika 30).

4.2.3. SPEKTRALNA REFLEKSIJA STARENIH UZORAKA

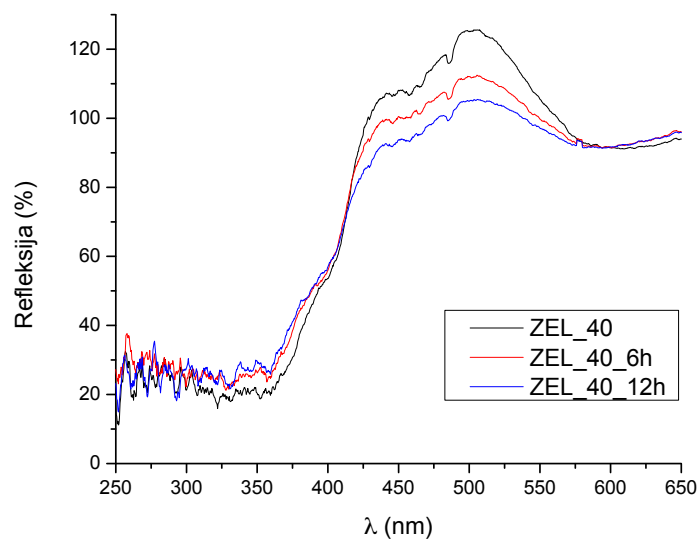
Na slikama 34 do 43 prikazane su spektralne refleksije svih uzoraka koji su podvrgnuti ubrzanom starenju u trajanju od 6 i 12 sati. Starenjem se željelo utvrditi u kojoj je mjeri stabilan otisak fluorescentne boje ovisno o vrsti korištenog pigmenta (zeleni ili crveni) i debljini nanosa boje. Dosadašnji rezultati su pokazali da najmanja linijatura mrežice daje i najveće vrijednosti debljine otiska. Također se pokazalo da trostrukim nanosom boje dobivenim korištenjem mrežice 60 lin/cm je moguće dobiti i veći iznos debljine otiska od mrežice linijature 20 lin/cm. Očekuje se da će ubrzano starenje otisaka ukazati na slijedeće: veća debljina nanosa će dati i bolju stabilnost otisaka uslijed ubrzanog starenja. Takva saznanja mogu otvoriti nove mogućnosti otiskivanja specijalnih pigmenta, naročito u slučaju reprodukcije motiva s više detalja, koje je nemoguće optimalno otisnuti s tiskovnom formom linijature 20 lin/cm. Na taj način, moguće će biti otisnuti i složenije motive s tiskovnom formom linijature 60 lin/cm, ali u većem broju nanosa, što će osigurati visoku razinu kvalitete otisnutog motiva ali i stabilnost otiska uslijed starenja.

Slika 34 prikazuje krivulju spektralne refleksije starenih otisaka fluorescentne zelene boje izrađenih tiskovnom formom čija je mrežica linijature 20 lin/cm. Najveću refleksiju ima nestareni otisak, a najmanju refleksiju za isto područje spektra ima otisak koji je najviše staren (12 sati).



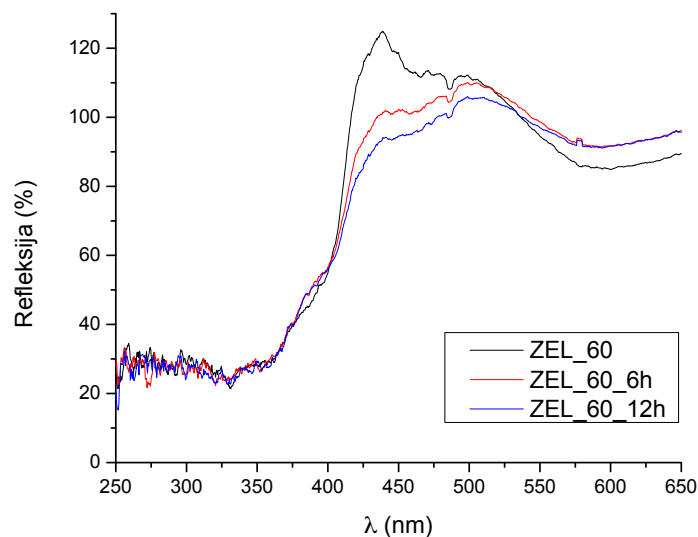
Slika 34. Spektralna refleksija starenih otisaka fluorescentne zelene boje (linijatura 20 l/cm)

Slika 35 prikazuje krivulju spektralne refleksije starenih otisaka fluorescentne zelene boje izrađenih tiskovnom formom čija je mrežica linijature 40 lin/cm. Najveću refleksiju u području spektra u kojem sve tri krivulje postižu maksimum (500 nm) ima nestareni otisak, a najmanju ima otisak staren 12 sati. U usporedbi otiscima starenim 6 i 12 sati, nestareni otisak ima najmanju vrijednost refleksije na području spektra od 310 do 400 nm.



Slika 35. Spektralna refleksija starenih otisaka fluorescentne zelene boje (linijatura 40 l/cm)

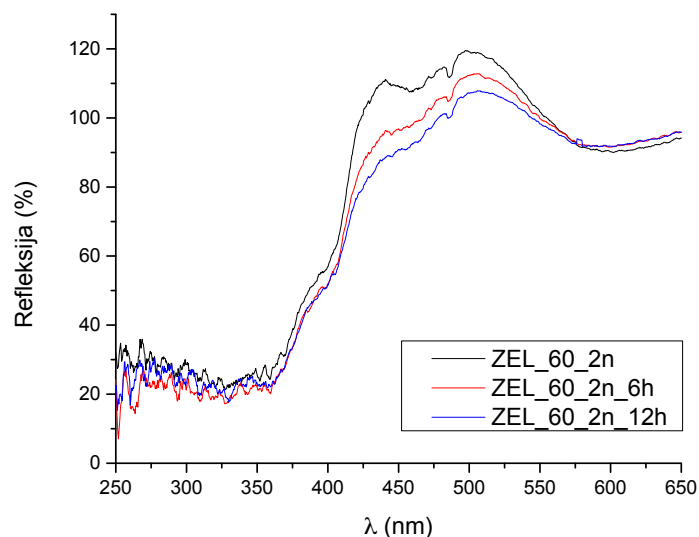
Slika 36 prikazuje krivulju spektralne refleksije starenih otisaka fluorescentne zelene boje izrađenih tiskovnom formom čija je mrežica linijature 60 lin/cm. Refleksija nestarenog otiska dostiže maksimum na 425 nm, dok stareni otisci maksimum postižu na 500 nm. Od 500 nm pa na više nm refleksija nestarenog otiska ima niže vrijednosti od refleksija starenih otisaka. Iz ovih rezultata se može vidjeti da u području od cca 425 nm na nestarenom uzorku, vrijednosti refleksije uključuju i djelovanje optičkih bjelila iz papira (jer to nije područje emisije zelenog fluorescentnog otiska). Kao što je prije navedeno, linijatura tiskovne forme mrežice 60 lin/cm omogućava dobivanje tankog sloja premaza, prema Tablici 1, debljina nanosa iznosi 7,5 μm . Debljina nanosa od 7,5 μm ne sprječava refleksiju optičkih bjelila u papiru koji su izuzetno naglašeni djelovanjem UV zračenja. Iz tog razloga, kod reprodukcije motiva s mrežicom linijature 60 lin/cm, neće biti ostvaren optimalni vizualni efekt zelene fluorescentne boje. Zanimljivo je da se utjecaj bjelila smanjuje starenjem uzoraka pa se može pretpostaviti da vjerojatno, uslijed starenja, dolazi do degradacije u strukturi papirne podloge što uzrokuje niže vrijednosti spektralne refleksije u tom području.



Slika 36. Spektralna refleksija starenih otisaka fluorescentne zelene boje (linijatura 60 l/cm)

Na slijedećim slikama su prikazani rezultati spektralne refleksije starenih otisaka dobivenih uzastopnim otiskivanjem zelene boje koristeći mrežicu linijature 60 lin/cm.

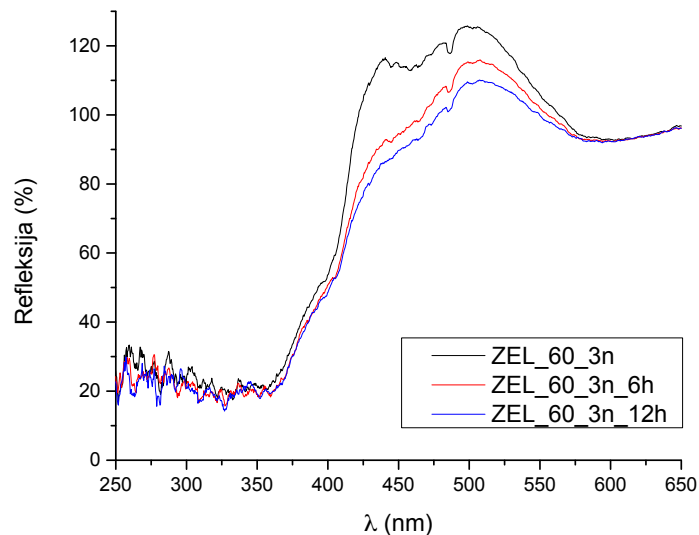
Slika 37 prikazuje spektralnu refleksiju starenih otisaka fluorescentne zelene boje za dva uzastopna nanosa. Otisci su izrađeni tiskovnom formom čija je mrežica linijature 60 lin/cm te su prikazane krivulje nestarenog uzorka i uzoraka starenih 6 i 12 sati. Najveću refleksiju od 250 do 575 nm postiže nestareni otisak. Od 575 nm njegova vrijednost refleksije postaje najmanja, dok se krivulje starenih otisaka preklapaju te imaju jednaku vrijednost refleksije. Izlaganjem otisaka ubrzanom starenju dolazi do degradacije u strukturi papira i taj se utjecaj bjelila smanjuje, ali i refleksija fluorescentnog pigmenta u zelenom području spektra.



Slika 37. Spektralna refleksija starenih otisaka fluorescentne zelene boje (linijatura mrežice 60 l/cm, 2 nanosa)

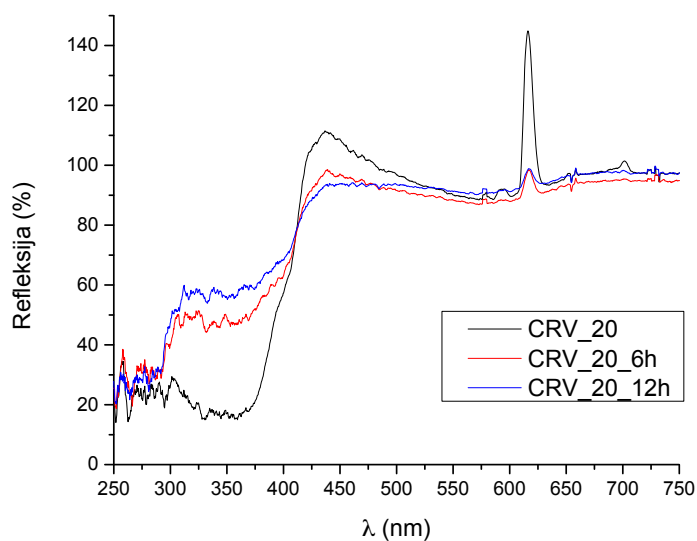
Slika 38 prikazuje spektralnu refleksiju starenih otisaka fluorescentne zelene boje za tri uzastopna nanosa. Otisci su izrađeni tiskovnom formom čija je mrežica linijature 60 lin/cm a slika prikazuje krivulje nestarenih uzoraka i uzoraka starenih 6 i 12 sati. Kao što je na slici prikazano, nestareni uzorak ima najveću refleksiju u području emisije zelene fluorescentne boje (450 do 575 nm) a starenje uzoraka utječe na smanjenje spektralne

refleksije. Ono što je zanimljivo, usporedbom starenja otisaka dobivenih s mrežicom linijature 60 lin/cm (2 i 3 nanosa) i starenja otisaka dobivenih s mrežicom 20 lin/cm, proces starenja ujednačeno smanjuje spektralnu refleksiju otisaka. Odnosno, potvrđena je pretpostavka da se mrežicom finije linijature može postići ujenačena stabilnost otisaka uslijed starenja, kao i s mrežicom grublje linijature (20 lin/cm).

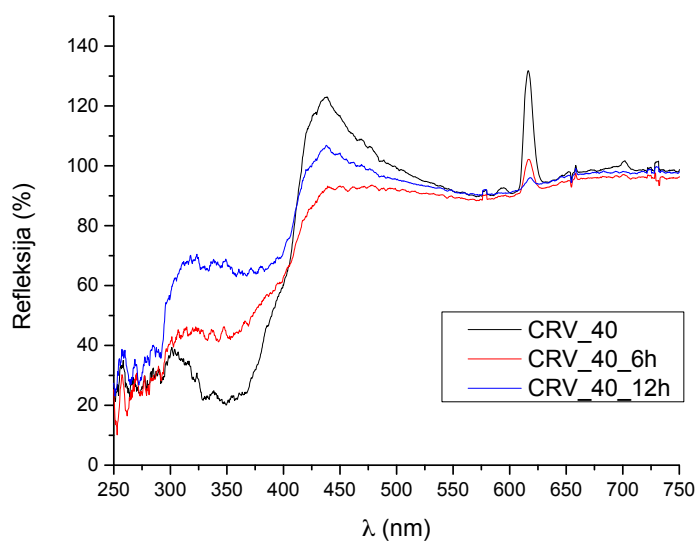


Slika 38. Spektralna refleksija starenih otisaka fluorescentne zelene boje (linijatura mrežice 60 l/cm, 3 nanosa)

Slika 39 prikazuje krivulju spektralne refleksije starenih otisaka fluorescentne crvene boje izrađenih tiskovnom formom čija je mrežica linijature 20 lin/cm. Najveći porast i pad vrijednosti refleksije pokazuje nestareni otisak. Njegovi maksimumi i najveće vrijednosti refleksije na 435 i 620 nm. Najmanju vrijednost refleksije ima u području od 250 do 425 nm. Takvi rezultati ukazuju na određeno prodiranje refleksije optičkih bjelila kod nestarenih uzoraka, u području od 425 do 500 nm i degradaciju papirne podloge starenjem uzoraka. Maksimalna emisija na oko 625 nm ukazuje na spektralnu refleksiju crvene fluorescentne boje (prema slici 30) koji ima značajan pad i smanjenje refleksije uslijed starenja otisaka 6 i 12 sati.



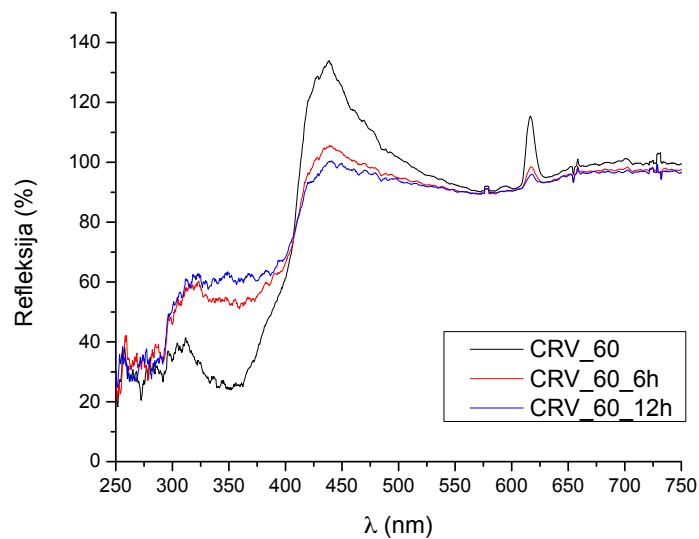
Slika 39. Spektralna refleksija starenih otisaka fluorescentne crvene boje (linijatura mrežice 20 l/cm)



Slika 40. Spektralna refleksija starenih otisaka fluorescentne crvene boje (linijatura mrežice 40 l/cm)

Slika 40 prikazuje krivulju spektralne refleksije starenih otisaka fluorescentne crvene boje izrađenih tiskovnom formom čija je mrežica linijature 40 lin/cm. Najveću vrijednost refleksije u području spektra od 425 do 750 nm ima nestareni otisak, a od 250 do 425 najveću vrijednosti ima otisak staren 12 sati. Takvi rezultati su relativno

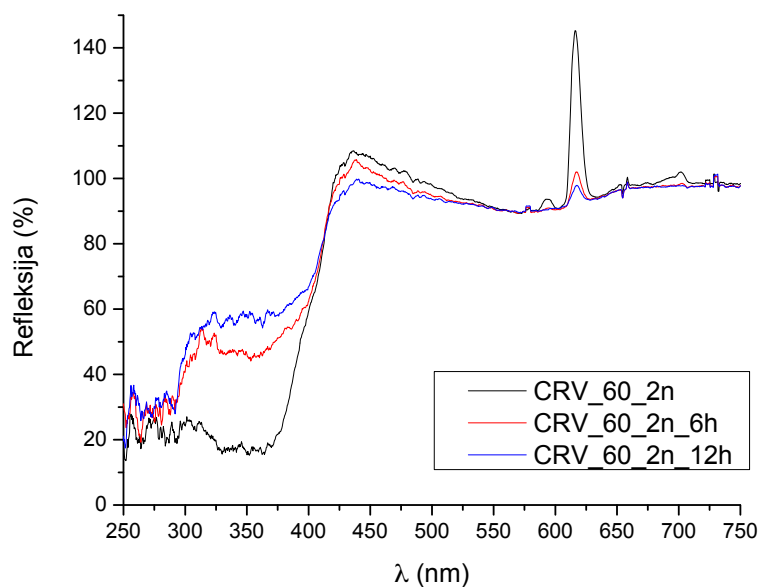
ujednačeni rezultatima dobivenim starenjem uzoraka otisnutih mrežicom linijature 20 lin/cm. U području od 425 do 500 nm dolazi do prodiranja refleksije optičkih bjelila kod nestarenih uzoraka i degradaciju papirne podloge starenjem uzoraka. Maksimum emisije na oko 625 nm ukazuje na spektralnu refleksiju crvene fluorescentne boje (prema slici 30) koji ima značajan pad i smanjenje refleksije uslijed starenja otisaka 6 i 12 sati.



Slika 41. Spektralna refleksija starenih otisaka fluorescentne crvene boje (linijatura mrežice 60 l/cm)

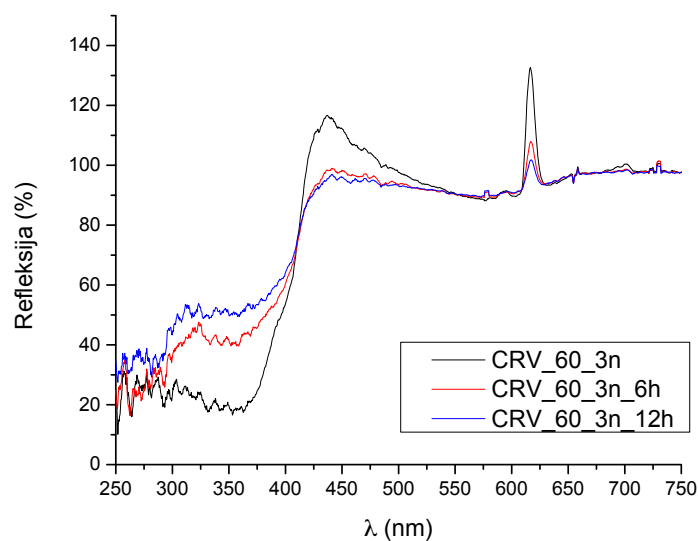
Slika 41 prikazuje krivulju spektralne refleksije starenih otisaka fluorescentne crvene boje izrađenih tiskovnom formom čija je mrežica linijature 60 lin/cm. Najveću vrijednost refleksije u području spektra do 425 do 500 nm ima nestareni otisak a najvišu u podrčju od 625 nm, što je područje refleksije crvene fluorescentne boje (prema slici 30). Starenjem, kao i na prije pojašnjenim rezultatima, dolazi do degradacije tiskovne podloge, ali i do značajnog smanjenja refleksije crvenog pigmenta.

Na slijedećim slikama su prikazani rezultati spektralne refleksije starenih otisaka dobivenih uzastopnim otiskivanjem crvene fluorescentne boje koristeći mrežicu linijature 60 lin/cm.



Slika 42. Spektralna refleksija starenih otisaka fluorescentne crvene boje (linijatura mrežice 60 l/cm, 2 nanosa)

Slika 42 prikazuje spektralnu refleksiju starenih otisaka fluorescentne crvene boje za dva uzastopna nanosa. Prikazane su krivulje otisaka koji su nestareni i stareni po 6 i 12 sati. Izrađeni su mrežicom linijature 60 lin/cm. Najveću refleksiju za područje spektra od 250 do 420 nm pokazuju redom otisak staren 12 sati, zatim otisak staren 6 sati i na kraju sa najmanjom vrijednosti refleksije u navedenom području spektra, nestareni otisak. Od 420 nm najveću refleksiju ima nestareni otisak, a nešto manje vrijednosti stareni otisci kod kojih vjerojatno dolazi do degradacije papirne podloge uslijed starenja. U odnosu na rezultate prikazane na slici 41, otisci s jednim nanosom, može se uočiti da dva nanosa boje smanjuju prodor optičkih bjelila i ne utječu na spektralnu refleksiju. Najveću vrijednost refleksije ima nestareni otisak u području od 625 nm, što je područje refleksije crvene fluorescentne boje (prema slici 30). Starenje uzrokuje, osim degradacije tiskovne podloge i značajno smanjenje refleksije premaza s crvenim fluorescentnim pigmentom.

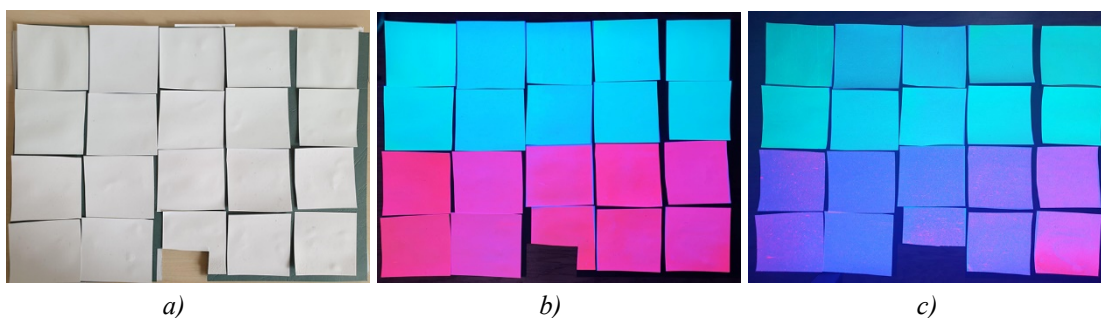


Slika 43. Spektralna refleksija starenih otisaka fluorescentne crvene boje (linijatura mrežice 60 l/cm, 3 nanosa)

Slika 43 prikazuje spektralnu refleksiju starenih otisaka fluorescentne crvene boje za tri uzastopna nanosa. Otisci su izrađeni tiskovnom formom čija je mrežica linijature 60 lin/cm. Prikazane su krivulje spektralne refleksije nestarenih uzoraka i uzoraka starenih 6 i 12 sati. Najveću refleksiju za područje spektra od 250 do 410 nm pokazuju redom otisak staren 12 sati, zatim otisak staren 6 sati i na kraju sa najmanjom vrijednosti refleksije u navedenom području spektra, nestareni otisak. Od 425 nm najveću refleksiju ima nestareni otisak. Vrijednosti refleksija sve tri krivulje se preklapaju za područje od 490 do 600 nm te od 625 do 750 nm. U odnosu na uzorke s jednim i dvostrukim nanosom boje, može se vidjeti da starenje od 6 i 12 sati uzrokuje određeno smanjenje postotka refleksije (u području od 625 nm) ali je ono u svakom slučaju manje izraženo na uzorcima s tri uzastopna nanosa fluorescentne boje.

4.3. VIZUALNA ANALIZA OTISAKA

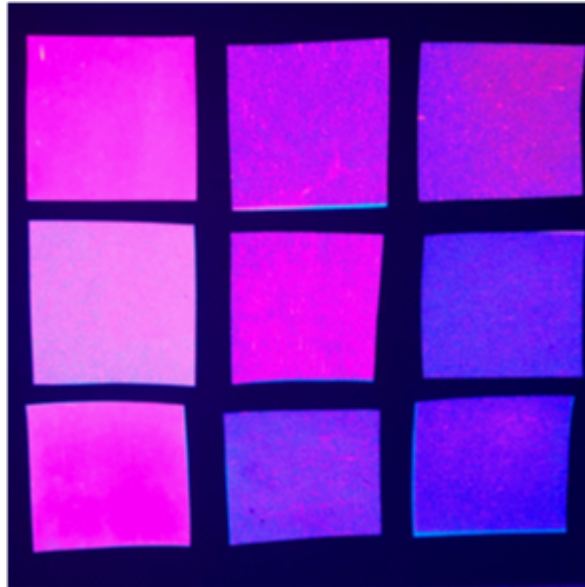
Slika 44 prikazuje set nestarenih uzoraka, na dnevnom svjetlu, uzorke izložene emisiju UV zračenja i set uzoraka nakon procesa ubrzanog starenja.



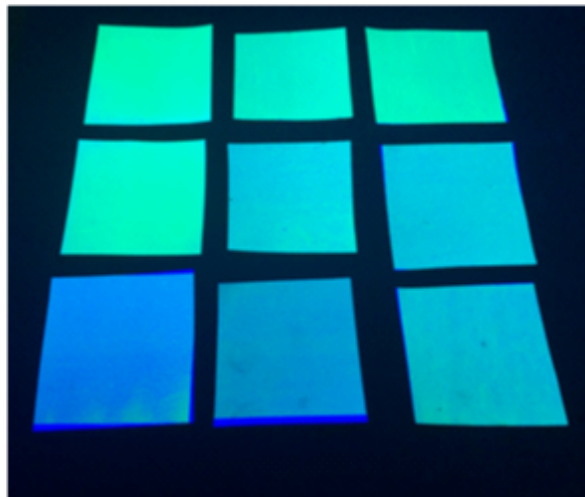
Slika 44. Prikaz uzoraka otisnutih fluorescentnih premaza: a) prikaz na dnevnom svjetlu; b) prikaz pod UV zračenjem; c) prikaz starenih uzoraka pod UV zračenjem

Kao što je vidljivo na slici 44.a otisnuti uzorci fluorescentnih boja su na dnevnom svjetlu transparentni, blago pastelih boja. Obzirom da je njihova svrha da emitiraju boju izlaganjem UV zračenju, na slici 44.b je vidljiv prikaz premaza pod UV zračenjem. Procesom ubrzanog starenja dolazi do degradacije uzoraka, točnije, tiskovne podloge i fluorescentnog pigmenta u boji kao što je vidljivo na slici 44.c.

Slika 45. prikazuje otiske izrađene mrežicama linijatura 20 l/cm, 40 l/cm i 60 l/cm. Za otiskivanje korištena je fluorescentna crvena boja i nepremazani ofsetni papir. Otisci su osvijetljeni lampom koja emitira u UV elektromagnetskom spektru zračenja. Stupac s lijeve strane slike 45. prikazuje nestarene otiske. U sredini su otisci stareni 6 sati, a desno otisci stareni 12 sati. Prvi red prikazuje tri otiska izrađenih mrežicom linijature 20 l/cm, drugi red otiske izrađene mrežicom 40 l/cm, treći otiske izrađene mrežicom 60 l/cm. Primjećuje se da je kod nestarenih otisaka boja najviše postojana. Što je duže vrijeme starenja otisaka, sve se više gubi intenzitet boje i stabilnost fluorescentnog pigmenta. Otisci sa najvećim nanosom boje izrađeni su mrežicom 20 lin/cm. Tijekom starenja ovi otisci pokazali su najveću postojanost pigmenta, dok su otisci izrađeni mrežicom 60 lin/cm tijekom starenja od 6 i 12 sati pokazali najmanju postojanost.



Slika 45. UV fluorescentna crvena boja otisnuta na ofsetnom nepremazanom papiru (linijature mrežica 20, 40 i 60 l/cm)

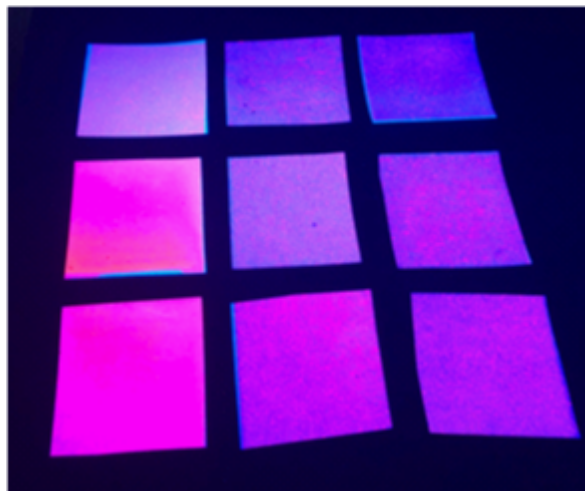


Slika 46. UV fluorescentna zelena boja otisnuta na ofsetnom nepremazanom papiru (linijature mrežica 20, 40 i 60 l/cm)

Slika 46. prikazuje otiske sa otisnutom fluorescentnom zelenom bojom na ofsetnom nepremazanom papiru. Prvi stupac prikazuje tri otiska izrađenih mrežicom linijature 20 lin/cm, drugi stupac otiske izrađene mrežicom 40 lin/cm, treći stupac otiske izrađene mrežicom 60 lin/cm. U prvom redu vodoravno su nestareni otisci, u drugom redu otisci su stareni 6 sati, a u trećem 12 sati. Opažamo da je kao i na prethodnom primjeru (Slika 46) najintenzivnija boja nestarenih otisaka otisnuta sa mrežicom najmanje linijature (20

l/cm) kroz koji prolazi najviše boje. Tijekom starenja mijenja se intenzitet boje jer ono utječe na stabilnost pigmenta. Prema primjeru sa slike za otiske izrađene mrežicom linijature 40 lin/cm i 60 lin/cm primjećujemo da se stabilnost pigmenta jednoliko smanjuje tijekom starenja od 6 i 12 sati.

Na slici 47. prikazana je fluorescentna crvena boja otisnuta na ofsetnom nepremazanom papiru, izrađena tiskovnom formom čija je linijatura mrežice 60 lin/cm. U lijevom stupcu su nestareni otisci. U sredini se nalaze otisci stareni 6 sati, a u desnom stupcu otisci stareni 12 sati. Prvi redak prikazan na slici su otisci napravljeni u jednom nanosu, drugi redak u dva nanosa, a treći u tri nanosa. Kako se povećava nanos boje, otisak je postojaniji, što se najbolje primjećuje na otiscima sa tri nanosa boje. Tijekom starenja postojanost boje na tim otiscima zadržala se u najvećoj mjeri s obzirom na otiske izrađene u jednom ili dva nanosa.



Slika 47. UV fluorescentna crvena boja otisnuta na ofsetnom nepremazanom papiru u 3 nanosa (linijatura mrežice 60 l/cm)

5. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu provedena je reprodukcija i karakterizacija UV-fluorescentnih pigmenata u propusnom tisku. UV-fluorescentne boje su karakteristične po svojstvu da emitiraju vidljivo zračenje nakon što su obasjane UV zračenjem visoke energije. Na dnevnom svjetlu takve su boje transparentne ili imaju blagi, pastelni odaziv. Često se koriste u industriji a najviše u posljednje vrijeme u promotivne svrhe i kod izrade marketinških materijala jer zbog svojih posebnih svojstava daju proizvodu zanimljivi vizualni efekt. UV vidljive fluorescentne boje se koriste i u zaštitne svrhe, kod tiska zaštićenih dokumenata, ali i u svrhu različitih označavanja i markiranja.

U radu su korišteni fluorescentni crveni i zeleni pigmenti koji su umiješani u transparentnu bazu koja se najčešće primjenjuje u propusnom tisku za otiskivanje specijalnih efekata. Otisci su izrađeni korištenjem tri tiskovne forme različitih linijatura (20, 40 i 60 lin/cm), te otiskivanjem triju slojeva iste boje. Simulacijom ubranog starenja (u trajanju od 6 i 12 sati) promatrano je u kojoj mjeri debljina nanosa tiskarske boje utječe na stabilnost fluorescentnog efekta. Na dobivenim premazima provedena su optička i spektrometrijska mjerenja kako bi se evaluirala UV luminiscencija pigmenata i stabilnost otiska uslijed ubranog starenja.

Na temelju provedenih istraživanja moguće je zaključiti:

- različite linijature mrežica na tiskovnoj formi uzrokuju dobivanje premaza različite debljine nanosa;
- linijatura mrežice od 20 lin/cm daje najveću debljinu nanosa (44,4 μm crveni fluorescentni premaz, 32,9 μm zeleni fluorescentni premaz) a linijatura mrežice od 60 lin/cm omogućava dobivanje premaza debljine nanosa od 15,5 μm crveni fluorescentni premaz i 7,5 μm zeleni fluorescentni premaz;
- tiskovne forme s mrežicom linijature 60 lin/cm nisu preporučljive za otiskivanje s fluorescentnim bojama u jednom nanosu jer uslijed izlaganja UV zračenju dolazi do dodatne refleksije optičkih bjelila iz tiskovne podloge što umanjuje efekt fluorescencije zelenog i crvenog premaza;
- veća debljina nanosa uzrokuje veću vrijednost spektralne refleksije uzoraka;

- veći broj uzastopnih nanosa iste fluorescentne boje s linijaturom mrežice od 60 lin/cm moguće je dobiti debljinu nanosa istu ili veću kao i s mrežicom linijature 20 lin/cm;
- izlaganjem uzoraka ubrzanom starenju dolazi do degradacije premaza, ali i do degradacije tiskovne podloge. Degradacija je izražena već kod izlaganja uzoraka u trajanju od 6 sati;
- otisci s većom debljinom nanosa pokazali su veću stabilnost uslijed procesa starenja;
- degradacija otisaka je smanjena na uzorcima dobivenim uzastopnim otiskivanjem 2 i 3 sloja fluorescentne boje s mrežicom linijature 60 lin/cm.

Provedena istraživanja pokazala su da je načinom otiskivanja (2 ili više uzastopna otiska) moguće dobiti stabilan otisak optimalne spektralne refleksije. Takva saznanja otvaraju nove mogućnosti primjene fluorescentnih pigmenata u propusnom tisku. Drugim riječima, moguće je koristiti mrežicu finije linijature koja se najčešće koristi za reprodukciju složenih motiva i u reprodukciji fluorescentnih boja, ali u većem broju nanosa kako bi se osigurala optimalna spektralna refleksija premaza ali i stabilnost otiska uslijed starenja.

6. LITERATURA

1. Gojo M., Mahović Poljaček S. (2013). *Osnove tiskovnih formi*, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb
2. Mahović Poljaček S. (2021). *CtP tehnologije - digitalno vođeni postupci izrade tiskovnih formi*, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Zagreb
3. Sefar AG (1999). *Priručnik za sitotiskare*, Hrvatska udruga sitotiskara, Zagreb
4. Mahović Poljaček S. (2019). *Vrste tiskovnih formi*, predavanja Tiskovne forme 1, https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3165528/mod_resource/content/1/Predavanje3ok.pdf, datum pristupa: 21.6.2021.
5. Mahović Poljaček S. (2019). *Tiskovna forma za propusni tisak*, predavanja Tiskovne forme 1, https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3350786/mod_resource/content/1/Predavanje12-tf-za-propusni-tisak.pdf, datum pristupa: 21.6.2021.
6. Majnarić I. (2020). *Sitotisak*, predavanja, https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4979517/mod_resource/content/1/MTT%20predavanje7a.pdf, datum pristupa: 11.7.2021.
7. Majnarić I. (2020). *Sitotisak-II dio*, predavanja, https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4979518/mod_resource/content/1/MTT%20predavanje%207b.pdf, datum pristupa: 11.7.2021.
8. Majnarić I. (2020). *Sitotisak-vježbe*, https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4979526/mod_resource/content/2/MTT%20vjezba%207%20i%20vjezba%208.pdf, datum pristupa: 17.7.2021.
9. Hrvatska enciklopedija, *Hidroskopnost*, dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=25468>, datum pristupa: 21.7.2021.
10. Jaminicki Hanzer S. (2020). *Bakrotisak i sitotisak*, predavanje, dostupno na: https://moodle.srce.hr/2020-2021/pluginfile.php/4810886/mod_resource/content/1/8.%20predavanje_bakrotisak_sitotisak.pdf, datum pristupa: 21.7.2021.
11. Paint&Coatings Industry (2003). *The Chemistry and Physics of Special-Effect Pigments and Colorants for Inks and Coatings*
12. Stulović A. (2015). *Dizajn luminiscentnim efektima na platnu od lana i kadulje*, znanstveni rad, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb

13. A. W. Springsteen, Ph.D., *Fluorescence & Color, Labsphere*
14. Mahović Poljaček S. (2019). *CtP postupci izrade TF za propusni tisak*, predavanja Tiskovne forme 2, https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3890693/mod_resource/content/1/Predavanje10-CtS-sustavi.pdf, datum pristupa: 11.8.2021.
15. Mahović Poljaček S. (2019). *Pojam CtP i impozicija*, predavanja Tiskovne forme 2, https://moodle.srce.hr/2019-2020/pluginfile.php/3458247/mod_resource/content/1/Predavanje2-pojamCtP-impozicija.pdf, datum pristupa: 11.8.2021.