

# Grafička priprema i izrada fotopolimernih tiskovnih formi za fleksotisak

---

**Krušelj, Andrija**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:663570>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR KOPRIVNICA**

DIPLOMSKI RAD

**GRAFIČKA PRIPREMA I IZRADA FOTOPOLIMERNIH  
TISKOVNIH FORMI ZA FLEKSOTISAK**

Andrija Krušelj

KOPRIVNICA, srpanj 2019.



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR KOPRIVNICA**

**Diplomski studij Ambalaža**

DIPLOMSKI RAD

**GRAFIČKA PRIPREMA I IZRADA FOTOPOLIMERNIH  
TISKOVNIH FORMI ZA FLEKSOTISAK**

Student:

Andrija Krušelj

Mentor:

doc.art. Robert Geček

KOPRIVNICA, srpanj 2019.

*Zahvaljujem se poduzeću Muraplast d.o.o. iz Kotoribe, g Anđelku Trojku i g. Davoru Ujlakiju koji su me prepoznali i omogućili stjecanje stručnih znanja i iskustva.*

*Zahvaljujem se i kolegi Ninu Jambrošiću na prenesenom znanju, strpljivošću i podršci koju mi je pružio u pisanju rada, ali i svakodnevnoj suradnji.*

*Zahvaljujem se i poduzeću Etigraf d.o.o. iz Umaga, posebno g. Siniši Zeliću na ustupljenim materijalima , te svakoj njegovoj riječi i pomoći u izradi ovog rada.*

*Zahvalu upućujem i svojem mentoru, g. Robertu Gečeku, koji me je vodio i svojim stručnim savjetima usmjeravao pri stvaranju i pisanju rada.*

*Na kraju se zahvaljujem cijeloj svojoj obitelji i bližnjima, a posebno supruzi Andreji koja mi je uvijek i u svemu podrška, te na svakoj njezinoj toploj riječi i nesebičnom odricanju bez kojeg ovaj rad ne bi uspio, te joj ga ovim putem i posvećujem.*

*Hvala Ti.*

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za ambalažu		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Ambalaža		
PROFESOR	Andrija Krušelj	MATIČNI BROJ	0635/336D
BAFEM	27.05.2019.	KOLEGIJ	Uvod u ambalažnu industriju
NASLOV RADA	Grafička priprema i izrada fotopolimernih tiskovnih formi za fleksotisak		
NASLOV RADA HR ENGL. IEDRU	Graphic prepress and production of photopolymer printing forms for flexographic printing		

MENTOR	Robert Geček	ZVANJE	Doc.art
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Doc.dr.sc. Dean Valdec - predsjednik		
	2. Doc.dr.sc. Krunoslav Hajdek - član		
	3. Doc.art. Robert Geček - mentor		
	4. Izv.prof.dr.sc. Mario Tomiša - zamjenski član		
	5. _____		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ	8/AMB/2019
OPIS	


Razvoj novih postupaka izrade tiskovnih formi iz računala (Computer to Plate, CTP), te implementacija istih unutar fleksotiskarskih sustava dovodi do intenzivnog povećanja primjene te tehnike reprodukcije. Postupci izrade tiskovnih formi obuhvaćaju pojmove poput novih vrsta polimera koji se primjenjuju u izradi tiskovnih formi, novih jedinica za ispis na tiskovne forme, te novih sustava obrade tiskovnih formi.

Ovim radom će biti opisan fleksografski tisak, počevši od njegove povijesti, principa rada, bojila, strojeva, karakteristika, pa sve do tiskovnih formi i strojeva za njihovu izradu.

Eksperimentalni dio uključuje radni tok (work flow) od grafičke pripreme dizajna, izrade tiskovnih formi, te tisak dizajna na polietilenski shrink film za pakiranje boca. Biti će opisani strojevi koji se koriste za izradu fotopolimernih tiskovnih formi, tiskarski stroj na kojem će se izvršiti tisak dizajna, te će biti prikazani rezultati mjerenja boja spektrofotometrom koji su bazirani na CIE L\*a\*b prostoru boja.

U radu je potrebno:

- Objasniti proces tiska u fleksotisku, definirati vrste rasterskih elemenata i njihove karakteristike
- Prikazati rezultate mjerenja boja spektrofotometrom koji su bazirani na CIE L\*a\*b prostoru boja
- Na temelju mjerenja iznijeti zaključak

ZADATAK KRUŠEN	14.6.2019.	POTPIS MENTORA	
SVEUČILIŠTE SJEVER		UNIVERSITY NORTH	

## **Sažetak**

Fleksotisak bilježi prethodnih godina veliki rast na tržištu, te je pogodan za tisak na različite tiskovne podloge. Koristi savitljivu tiskovnu formu (kliše), koja je jedan od glavnih faktora kvalitete otiska. Kvalitetnoj tiskovnoj formi prethodi grafička priprema rješenja, čiji je zadatak da svako grafičko rješenje prođe kroz analizu i obradu podataka, te se na temelju obrađenih podataka, kroz potrebne faze, izrađuje tiskovna forma. U radu je opisana tehnika fleksotiska, počevši od njezine povijesti, principa rada, bojila, tiskovnih podloga, kao i vrste fleksografskih strojeva. Kao bitni element u fleksotisku, opisane su tiskovne forme za fleksotisak, s naglaskom na tiskovne forme od fotopolimera, njihova svojstva, te postupci izrade. U eksperimentalnom dijelu je razrađen radni tok (workflow) pripreme jednog grafičkog rješenja i izrade fotopolimernih tiskovnih formi, te su prikazani rezultati mjerenja boja prilikom reprodukcije.

**Ključne riječi:** fleksografski tisak, fotopolimerna tiskovna forma, grafička priprema, radni tok (workflow)

## **Summary**

*The flexoprinting has experienced a great growth in the market in the previous years and is suitable for printing on different printing media. The flexoprinting uses a flexible printed form (cliché), which is one of the main quality factors of the print. The quality print form precedes the graphic prepress of the solution, whose task is to pass every graphic solution through analysis and processing of data, and based on the processed data, through the necessary phases, the printed form is produced. In this graduation thesis is described flexoprinting, starting from its history, working principles, inks, printing media, and types of flexographic machines. As an essential element in flexography, flexographic printing forms are described, with emphasis on photopolymer forms, their properties, and manufacturing processes. In the experimental part, the workflow of a single graphic solution and the production of photopolymer printing forms has been elaborated and the results of color measurement are shown during reproduction.*

**Key words:** *flexoprinting, photopolymer printing form, graphic prepress, workflow*



# Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. Fleksotisak .....	2
2.1.1. Povijest fleksotiska.....	2
2.1.2. Prednosti i nedostaci fleksotiska .....	3
2.1.3. Princip rada fleksotiska .....	4
2.1.4. Višebojna reprodukcija .....	5
2.1.5. Bojila u fleksotisku.....	5
2.1.5.1. Bojila na bazi organskih otapala i bojila na bazi vode.....	6
2.1.5.2. UV i EB bojila .....	7
2.1.6. Aniloks valjak .....	8
2.1.7. Tiskovne podloge u fleksotisku.....	10
2.1.8. Vrste fleksotiskarskih strojeva .....	10
2.1.8.1. Strojevi s centralnim tiskovnim cilindrom.....	11
2.1.8.2. Strojevi građeni u obliku tornja (Stack Presses) .....	12
2.1.8.3. Strojevi s tiskovnim jedinicama poslaganim horizontalno jedna iza druge	13
2.2. Tiskovne forme u fleksotisku .....	14
2.2.1. Povijest tiskovnih formi .....	14
2.2.2. Svojstva tiskovnih formi .....	15
2.2.3. Tiskovne forme od gume.....	16
2.2.4. Tiskovne forme od fotopolimera.....	17
2.2.5. Fotopolimerne tiskovne forme za digitalne postupke (CtP).....	18
2.2.6. Postupci izrade tiskovnih formi.....	19
2.2.6.1. Konvencionalni postupak izrade tiskovnih formi .....	19

2.2.6.2.	„Computer to Plate“ postupak izrade tiskovnih formi .....	20
2.2.7.	Raster.....	21
2.2.8.	Vrste rasterskih elemenata i rastriranja .....	22
2.2.8.1.	Amplitudno modulirani ili klasični raster .....	23
2.2.8.2.	Frekventno modulirani ili stohastički raster .....	24
2.2.8.3.	Hibridni rasteri .....	25
2.2.9.	Višebojna reprodukcija .....	26
3.	EKSPERIMENTALNI DIO.....	27
3.1.	Radni tok pripreme grafičkog rješenja .....	28
3.1.1.	Priprema grafičkog rješenja .....	28
3.1.2.	Analiza grafičkih file-ova.....	29
3.1.3.	Obrada grafičkih file-ova .....	31
3.1.4.	Raster Image Processor (RIP) .....	35
3.2.	Radni tok izrade fotopolimernih tiskovnih formi .....	40
3.2.1.	Predekspozicija.....	40
3.2.2.	Glavna ekspozicija i razvijanje .....	42
3.2.3.	Postekspozicija i neutralizacija .....	42
4.	REZULTATI I DISKUSIJA .....	43
5.	ZAKLJUČAK .....	59
6.	LITERATURA.....	61
7.	POPIS SLIKA .....	63
8.	POPIS TABLICA.....	67

# 1. UVOD

Fleksotisak je tehnika visokog tiska koja je najzastupljenija tehnika u ambalažnoj industriji. Napretkom novih tehnologija, u mogućnosti je i dalje zadržati najveći dio tržišta vezan uz ambalažnu industriju, s obzirom da joj je glavna karakteristika mogućnost tiskanja na različite tiskovne podloge, bilo upojne ili neupojne i to velikim brzinama. Kvaliteta otiska ovisi o mnogo faktora, no jedan od glavnijih su zasigurno tiskovne forme. Fleksotisak koristi fleksibilne, savitljive tiskovne forme, koje mogu biti izrađene od različitih materijala i na različite načine. U današnje vrijeme se fotopolimerne tiskovne forme najčešće izrađuju Computer to Plate (CtP) tehnologijom. CtP postupak označava proces izrade tiskovnih formi koji se zasniva na direktnoj obradi materijala zračenjem. Uvođenje CtP tehnologije u velikoj je mjeri skratilo i pojednostavilo sam postupak izrade tiskovnih formi, uz podizanje i ujednačavanje nivoa kvalitete reprodukcije u odnosu na prethodno korištene postupke izrade.

Postoji niz koraka i procesa u izradi fotopolimernih tiskovnih formi, ali najprije je potrebno svako grafičko rješenje pripremiti i obraditi. Upravo je to cilj ovog rada, prikazati radni tok u pripremi grafike za fleksotisak na jednom primjeru iz prakse, te je prikazan radni tok izrade fotopolimernih tiskovnih formi. Također, u radu su prikazani rezultati mjerenja CIE L\*a\*b\* vrijednosti razlike boja otisnutog grafičkog rješenja– originala i reprodukcije u toku tiska.

## **2. TEORIJSKI DIO**

### **2.1. Fleksotisak**

Fleksotisak je tehnika direktnog rotacijskoga tiska koja koristi elastične tiskovne forme s izbočenim tiskovnim elementima, koje se mogu pričvrstiti na cilindre različitih promjera. Sasvim rijetko ili gušće tekuće bojilo nanosi se na tiskovnu formu valjkom, a s tiskovne forme na gotovo sve ravne tiskovne podloge.

#### **2.1.1. Povijest fleksotiska**

Fleksotisak je konvencionalna tehnika tiska koja se u literaturi različito naziva. Najstarije ime te tehnike jest anilinski tisak, a ono je dobiveno od anilinskoga bojila koje je u početku bilo jedino bojilo u toj tehnici visokoga tiska. Tiskovna forma u početku je bila od gume, a kasnije se počeo rabiti sintetski materijal. Da bi se postigli bolji rezultati u tisku, odnosno da bi se uspješno otisnula veća linijatura rastera, postupno je rabljen sve tvrdi sintetski materijal. Također se sve češće tiskalo bojilom s disperziranim pigmentima u vezivu umjesto anilinskim bojilom. Tako se s vremenom sve češće, a zbog fleksibilne tiskovne forme, ta tehnika tiska naziva fleksotisak, umjesto anilinski tisak. Zbog mekane tiskovne forme, fleksotisak, odnosno anilinski tisak povoljan je i za otiskivanje na manje glatke tiskovne podloge. Tako se u početku njime prvenstveno tiskalo na manje kvalitetnim tiskovnim podlogama za izradu ambalaže. Zbog relativno maloga pritiska u času otiskivanja, uspješno se otiskuje i na valovitoj ljepenci. Mali pritisak prilikom otiskivanja donosi toj tehnici tiska još jedan naziv: tisak poljupca, ali taj je naziv rjeđi. Promjenama u bojilu, u materijalima tiskovne forme i u konstrukciji stroja stvaraju se postupno mogućnosti otiskivanja sve šireg i kvalitetnijeg asortimana ambalaže. Tako se pojavljuje još jedan naziv za tu tehniku tiska, a to je ambalažni tisak. Porastom moguće kvalitete otisaka danas se fleksotiskom, osim ambalaže, tiskaju novine, knjige, pa i akcidentični proizvodi. Fleksotisak je tehnika visokoga tiska koja već dugo bilježi porast u udjelu u svjetskom tisku, i to najviše u tisku ambalaže i tisku novina. [1]

### **2.1.2. Prednosti i nedostaci fleksotiska**

Unutar tiskovne industrije fleksografski tisak je najdinamičnije rastuće područje. Prije dvadesetak godina je bilo nezamislivo da fleksografski tisak konkurira ofsetnom tisku ili dubokom tisku, a danas možemo reći da ova tehnologija ima izvanrednu stopu između cijene i vrijednosti. Važno je naglasiti da je tisak u današnje vrijeme sve zahtjevniji, ali isto tako da svakim danom pruža sve više i više mogućnosti. Iako je fleksografski tisak znatno napredovao posljednjih nekoliko godina, mora se naglasiti da ipak postoje i nedostaci koji će se s godinama usavršavati i pružiti još veću kvalitetu tiska.

Prednosti fleksotiska su:

- velik izbor tiskovnog materijala
- širok opseg različitih boja
- jednostavna konstrukcija uređaja za bojenje zbog male viskoznosti bojila
- brzosušeće boje
- kratko vrijeme radnih naloga
- velike naklade zbog izdržljive fleksibilne fotopolimerne tiskovne forme
- tisak beskonačnih uzoraka
- dobra kvaliteta tiska
- ekonomski isplativ
- konstantan razvoj tehnologije, kvalitete i produktivnosti
- dobar tisak na grubim površinama

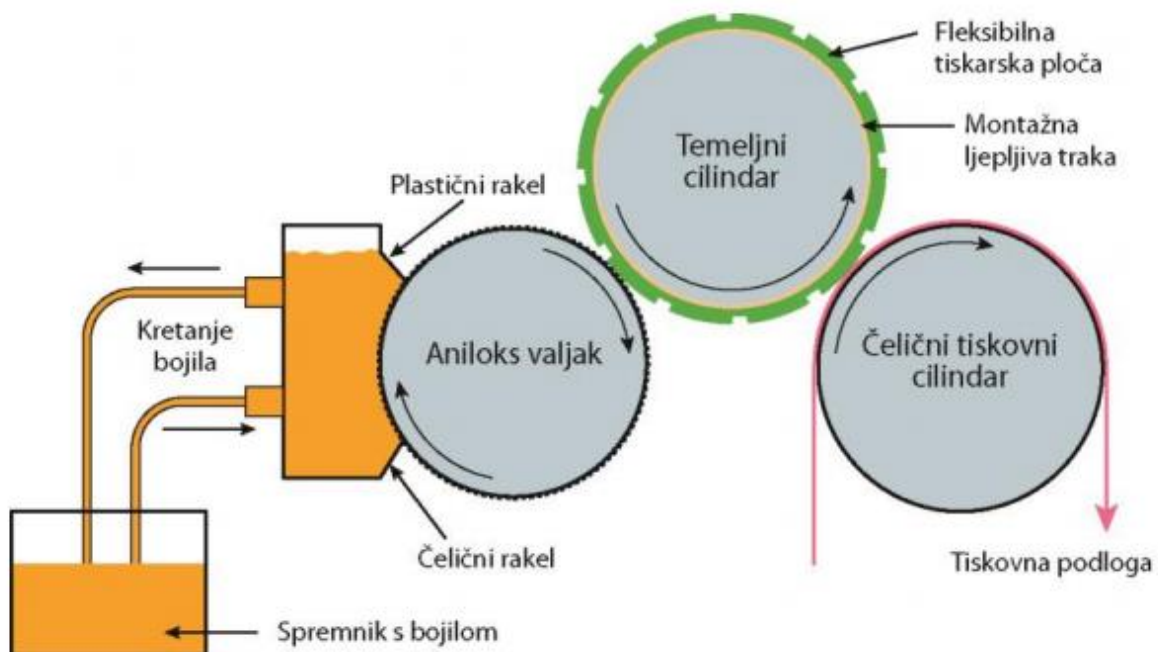
Nedostaci fleksotiska su:

- osjetljivost na promjene pritiska prilikom tiska
- sklonost stvaranja nejednolike gustoće obojenja na rubovima otiska
- karakterističan veliki prirast rasterskih elemenata koji se trebaju kompenzirati
- nije praktično podešavati boje tokom procesa tiska
- problem tiskanja punog tona i rastriranih površina sa iste tiskovne forme
- ograničena finoća rastera u usporedbi s ofsetnim tiskom i bakrotiskom

### 2.1.3. Princip rada fleksotiska

Tiskovne jedinice stroja za fleksotisak rade na sustavu za obojenje s klasičnim rakelom, te na sustavu za obojenje s komornim rakelom, koji se koriste na najvećim i najbržim strojevima. Ovakav sustav s komornim rakelom omogućava bolju kontrolu korištenja bojila i veću dosljednost bojila za vrijeme tiska. Također povećava kvalitetu tiska i ima prednosti glede očuvanja okoliša jer sprečava emisiju štetnih tvari iz bojila u atmosferu.

Sustav za obojenje s komornim rakelom se sastoji od dva rakel: plastičnog rakel koji je postavljen suprotno smjeru vrtnje, te čeličnog rakel postavljenog u smjeru vrtnje aniloks valjka. Aniloks valjak je valjak na kojem se nalazi gusta rasterska mrežica (ćelije) koja omogućava bolje i preciznije nanošenje bojila na tiskovnu formu. Uloga aniloks valjka je doziranje tankog i jednoličnog nanosa bojila na tiskovnu formu. Rakel koji je suprotan smjeru vrtnje aniloks valjka skida višak bojila s aniloksa, a drugi rakel zatvara komoru. Bojilo se s temeljnog cilindra na kojem je tiskovna forma, izravno prenosi na tiskovni cilindar preko kojeg prelazi materijal na koji se otiskuje (tiskovna podloga). Prijenos tiskarskog bojila s tiskovne forme na tiskovnu podlogu je jedan od najznačajnijih faktora koji utječe na kvalitetu otiska. Princip rada ovog sustava prikazan je na slici 1..



**Slika 1.** Sustav za obojenje s komornim rakelom [2]

#### **2.1.4. Višebojna reprodukcija**

Fleksotiskarski strojevi su predviđeni za izradu višebojne reprodukcije. Najčešće su instalacije sustava sa šest ili osam tiskovnih jedinica. Za određene specifične primjene, čak se dvanaest boja može otisnuti u jednom prolazu na fleksotiskarskom stroju. S perspektive dizajna, ove mogućnosti znače puno više prostora za kreativnost i primjenu atraktivnih boja. Kombinacija četiri procesne boje i posebnih boja ili kombinacije više posebnih boja dopušta dizajnerima veću kreativnu slobodu pri oblikovanju grafičkih proizvoda za fleksotisak. Važno je napomenuti da kod tiska na prozirne materijale treba jednu tiskovnu jedinicu osigurati za tisak pokrivne bijele boje. Bez bijele podloge, boje će izgledati plošno, bez kontrasta i transparentno. Primjena bijele boje je karakteristična za procese koji koriste providne i obojene tiskovne podloge.

#### **2.1.5. Bojila u fleksotisku**

Grafička bojila, za razliku od ostalih bojila, prenose se na tiskovne podloge isključivo pomoću tiskarskih strojeva. Glavna funkcija grafičkog bojila je da odrazi kontrast što bolje uočljiv od podloge, a primjetljiv u svim svojim detaljima (rasterska točkica) koji zajedno daju cjelinu. Osnovne komponente grafičkih bojila su pigmenti, veziva, otapala, smole, punila, sikativi i razni dodaci.

Nanos bojila na tiskovne elemente je samo nekoliko mikrona i zavisi o tehnici tiska i tiskovnoj podlozi, a kreće se od 2 do 60 mikrona. Grafička bojila razlikuju se po svojim fizikalno-kemijskim svojstvima zavisno o tehnici tiska i tiskovnoj podlozi. Uloga bojila je da sliku i tekst s tiskovne forme prenese na tiskovnu podlogu sa što je moguće manje gubitaka u informaciji. [3]

Prvo bojilo korišteno u fleksotisku bilo je anilinsko bojilo. To bojilo dobiveno iz destilacije kamenog ugljena dugo je bilo jedino bojilo u toj tehnici tiska. Kasniji razvoj bojila za fleksotisak dao je tri tipa bojila. To su:

1. bojila bazirana na organskim otapalima
2. bojila bazirana na vodi
3. UV bojila

Današnji zahtjevi za navedena bojila za fleksotisak jesu:

- velika izdašnost bojila
- niska viskoznost
- visoki sadržaj krute tvari
- visoki sjaj otiska
- dobra topljivost
- maksimalna stabilnost u tisku
- svojstva slobodnog protoka
- brzo sušenje na podlozi.

#### ***2.1.5.1. Bojila na bazi organskih otapala i bojila na bazi vode***

U fleksotisku je osobito važno sušenje otisaka. Bojilo s organskim otapalima u fleksotisku suši se prvenstveno hlapljenjem. Da se bojilo ne bi počelo prerano sušiti i prerano mijenjati svoja svojstva, cijeli sustav bojenja uglavnom je zatvoren. Međutim, na anilox valjku počinje zamjetno sušenje, a ono se nastavlja na tiskovnoj formi na temeljnom cilindru. Na tim mjestima sušenje ne smije biti prejako, da ne bi ugrozilo prijelaz bojila na tiskovnu podlogu. Poslije otiskivanja potrebno je da se bojilo što prije osuši, pa se to pomaže snažnim zagrijavanjem. Tako bojilo otpušta tekuće komponente, a smola se izlučuje kao krutina, te ona fiksira pigmente na površinu tiskovne podloge. Ishlapjeli dio bojila otrovne su kemikalije. Te kemikalije moraju se obavezno zbrinuti da ne bi zagađivale okoliš. Pod pritiskom zakona i propisa za zaštitu okoliša tvornice bojila proizvele su nova bojila koja trebaju smanjiti zagađivanje okoliša. Ta su bojila bazirana na vodi. Ali uz vodu, u bojilu se nalaze i drugi sastojci, a neki i dalje narušavaju čistoću okoliša. Sastav vodenoga bojila ovisi o upotrebi, ali i o boji samog bojila koje diktira određene zahtjeve. Uobičajeni sastav bojila na bazi vode sadrži akrilne smole, akrilne emulzije, vodu, male količine organskih otapala, sastojke za neutralizaciju, pigmente i aditive. [1]



<b>Bojila na bazi vode</b>	<b>Bojila na bazi organskih otapala</b>
<i>Prednosti</i>	
smanjen rizik od požara, bolja stabilnost u tisku, poboljšana radna sredina, lakša redukcija upotrebe vode, bolje karakteristike transfera bojila	brzina sušenja lako se podešava, veća brzina tiska, brzo obilno hlapljenje, niske površinske sile, dobra adhezija, dobra otpornost na vodu, dobra topljivost
<i>Nedostaci</i>	
slaba otpornost na abraziju, smanjena otpornost na vodu, osjetljivost na obrade površine, teže zbrinjavanje otpada, problemi u kontaktu s vodom, lakše se pjene, problemi sušenja pri većim brzinama tiska	restrikcije uvjetovane zaštitom okoliša, potencijalan rizik za zdravlje, rizik od požara, relativno niska točka zapaljenja

**Tablica 1.** Usporedba bojila na bazi vode i na bazi organskih otapala [1]

#### **2.1.5.2. UV i EB bojila**

Značajan doprinos sve snažnijem razvoju fleksografskog tiska pridonose i ekološki prihvatljiva UV i EB tiskarska bojila. S njima je moguće u potpunosti zamijeniti uporabu tiskarskih bojila na osnovi otapala. Glavna prednost ovih tiskarskih bojila je izrazito brzo sušenje bez stvaranja VOC spojeva na neupojnim podlogama. Ove vrste tiskarskih bojila jedino se mogu osušiti djelovanjem UV zračenja odgovarajuće valne duljine. U sastav UV tiskarskih bojila ulaze: pigmenti, akrilni monomeri (za kontrolu viskoznosti), akrilni prepolimeri, fotoinicijatori i dodaci. Fotoinicijatori djelovanjem UV svjetla reagiraju stvarajući radikale koji se vežu s monomerima i prepolimerima. Pri tome nastaje polimerizacija umrežavanjem, odnosno suhi sloj boje. Brzina sušenja tiskarskih bojila može znatno porasti ako se instaliraju UV lampe s inertnim dušikom. Djelovanjem inertnog dušika sprečava se nastanak oksidacije koja usporava proces polimerizacije, odnosno sušenje.

UV lampe trebaju osigurati optimalno zračenje za reakciju cijele količine fotoinicijatora i umrežavanje akrilnih monomera i akrilnih prepolimera tvoreći pri tome suhi čvrsti sloj tiskarskog bojila. UV tiskarska bojila koja se nisu u potpunosti osušila sadrže nereagirane spojeve koji bi mogli doći u kontakt s osjetljivom hranom i higijenskim proizvodima. Iz tog razloga se ova tiskarska bojila ne rabe kod tih proizvoda. Taj nedostatak je izbjegnuto uporabom EB tiskarskih bojila, tj. bojila koje se suše snopom elektrona. Proces sušenja EB tiskarskih bojila odvija se djelovanjem ionizirajućeg zračenja s visokom energijom gdje dolazi do otpuštanja slobodnih elektrona koji iniciraju kemijsko vezanje bojila.

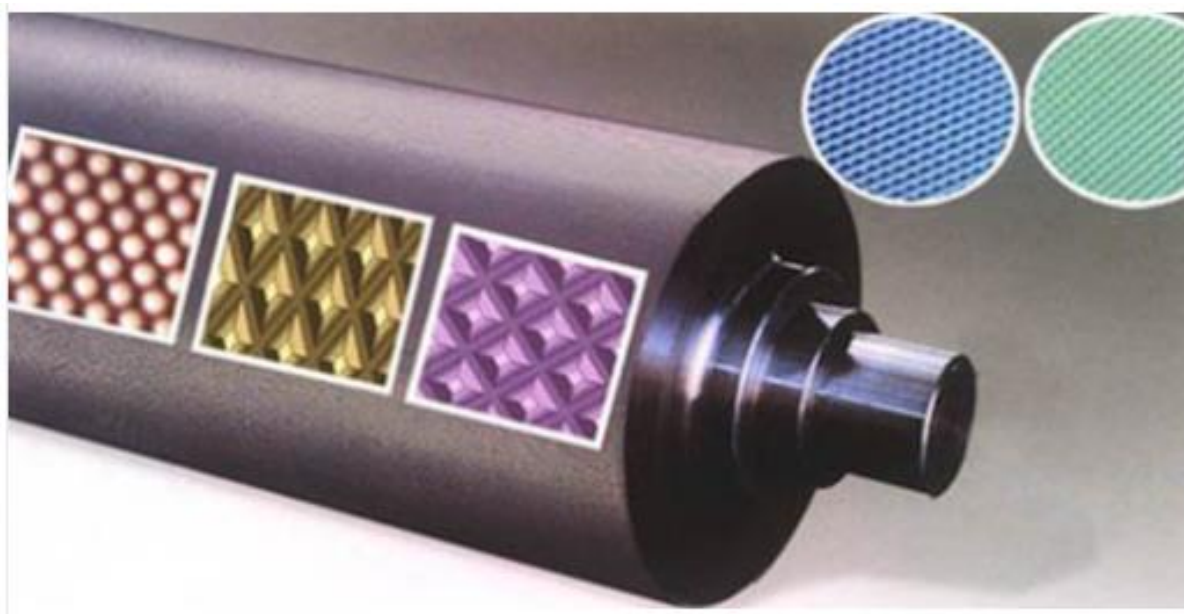
Ova tiskarska bojila se uglavnom rabe na proizvodima gdje je potrebno apsolutno sušenje istih te uništavanje mikroorganizama. Djelovanjem s visokom energijom iz reaktivnog veziva stvara se dovoljan broj radikala. Prema tome nisu potrebni dodatni fotoinicijatori za pokretanje reakcije sušenja tiskarske boje. Pri ovoj vrsti sušenja također je bitno koristiti inertni dušik kako bi se smanjilo sporije sušenje i veći utrošak energije. Korištenjem sušenja snopom elektrona tiskarska bojila se suše trenutno i nije potrebno dodatno hlađenje podloge, koja se rabi kod UV sušenja. Ovu vrstu sušenja bojila moguće je izvesti na kraju proizvodnog procesa s izrazito zadovoljavajućom kvalitetom otiskivanja. Nedostaci EB procesa sušenja su nekompatibilnost s konvencionalnim tiskarskim bojama te veći troškovi investiranja.[4]

#### **2.1.6. Aniloks valjak**

Aniloks valjak je gravirani valjak s čašicama jednakih volumena koje prekrivaju cijelu njegovu površinu. Ideja za ovu izvedbu preuzeta je od izjetkanih cilindara za duboki tisak koji bojilo na tiskovnu podlogu prenosi u izjetkanim čašicama (vakuolama). Na osnovu tog cilindra načinjen je valjak s određenim brojem i veličinom ugraviranih čašica te presvučen bakrom i keramikom. Njegova funkcija jest dovod bojila iz bojanika do tiskovne forme na temeljnom cilindru. Volumen čašica na aniloksu odgovara određenim tiskovnim podlogama i zahtjevima u tisku. Ako je tiskovna podloga upojnija i neravne površine te porozne strukture, pripadajući aniloks bio bi onaj s čašicama većeg volumena i obratno, ako je u pitanju glađa, premazana tiskovna podloga, tada se koristi aniloks s čašicama manjeg volumena. Osim volumena čašice, bitan je i njihov broj. Taj broj se izražava pomoću jedinice linija po centimetru (lin/cm) i predstavlja broj čašica po jedinici duljine, u ovom slučaju centimetra. Termin koji se koristi za to je linijatura aniloksa, koja može biti mala i nekvalitetna ili velika za finije i kvalitetnije reprodukcije u fleksotisku. Manjom linijaturom se smatra ona oko 70

lin/cm. Srednje linijature su one oko 140 lin/cm i zadovoljavajuće su za tisak na upojne tiskovne podloge poput nepremazanih papira te kartona. Veće linijature su one više od 275 lin/cm i služe kod otiskivanja kvalitetnijih reprodukcija na glatke, neupojne podloge. Odabir linijature aniloksa ovisi i o motivu koji se otiskuje, pa se k tome za reprodukciju fotografija koriste veće linijature. Volumen čašice je povezan sa spomenutom linijaturom i dubinom čašice. Manipulacija volumenom na aniloksima s istom linijaturom se postiže dubinom čašice. Podaci koji zanimaju proizvođače aniloksa su linijatura i volumen, iz kojih sam proizvođač izračunom dolazi do dubine čašice. Volumen je odgovoran za nanos bojila na tiskovnu formu koje se na tiskovnoj podlozi promatra kao gustoća obojenja. Linijatura aniloksa se definira prema linijaturi tiskovne forme. Standardni materijali od kojih su načinjeni aniloks valjci su čelik i keramika. Od čelika se uglavnom izrađuje jezgra valjka na koju se nanosi sloj keramike debljine od 2,3 mikrona do 3,9 mikrona. Svi parametri aniloks valjka mogu se prethodno podesiti na računalu koje upravlja laserskom glavom. Keramički sloj je iznimno čvrst i izdržljiv kada su u pitanju rakeli koji stružu po površini valjka.[5]

Slika 2. prikazuje aniloks valjak i moguće izgleda čašica, koji su snimani pod mikroskopom.



**Slika 2.** Aniloks valjak [6]

### **2.1.7. Tiskovne podloge u fleksotisku**

Fleksotisak je tehnika tiska s vrlo širokim dijapazonom proizvoda. S njom se tiska na velik broj različitih materijala, a ti materijali mogu biti različito obrađeni. Složenosti otisaka također su različite, a kvalitetu otiska treba uskladiti s doradnim procesima i konačnim upotrebnim zahtjevima. Posebno važno obilježje fleksotiska jest njegova mogućnost da se tiska na vrlo različite materijale, odnosno tiskovne podloge. To su hrapave i glatke tiskovne podloge, premazane ili nepremazane, papir, karton ili ljepenka, laminati, plastika i metal. Glavna područja korištenja tiskovnih podloga za tisak ambalaže u fleksotisku su: [1]

- fleksibilna ambalaža, folije, plastike
- papirne vrećice, vrećice za trgovine, papirne ili plastične
- etikete, omotni materijali, kutije od valovite ljepenke, složive kutije
- metalne konzerve i kutije, blister ambalaža
- plastične boce, tube, plastični poklopci

### **2.1.8. Vrste fleksotiskarskih strojeva**

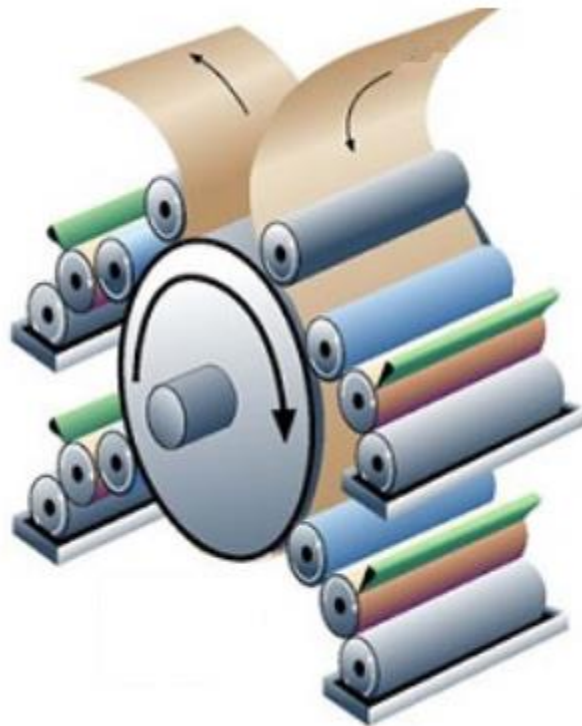
Radi lakšega, boljega, bržega, jeftinijega, društveno i ekološki prihvatljivijega fleksotiska, razvilo se nekoliko tehnički različitih konfiguracija fleksografskih strojeva. To su:

- strojevi s centralnim tiskovnim cilindrom
- strojevi građeni u obliku tornja
- strojevi s tiskovnim jedinicama poslaganim u nizu horizontalno jedna iza druge
- strojevi za valovite ljepenke (sloteri)

### **2.1.8.1.    *Strojevi s centralnim tiskovnim cilindrom***

Još se nazivaju i strojevi sa satelitskom konstrukcijom. Vrlo su česti, naročito za tisak na široke tiskovne materijale, gdje su najzastupljeniji. Stroj je građen tako da je oko tiskovnoga cilindra smješteno 2 do 10 temeljnih cilindara s pripadajućim uređajima za bojenje. Takvi strojevi zauzimaju znatno manje prostora od strojeva u kojima su tiskovne jedinice poslagane u nizu. Prednost strojeva s centralnim tiskovnim cilindrom je da jako dobro održavaju registar (paser). Tiskovna podloga cijelom svojom širinom leži na tiskovnom cilindru. Jednako tako tiskovna podloga naslanja se na tiskovni cilindar prije dolaska do prvog temeljnog cilindra, te je prislonjena uz tiskovni cilindar sve do kontakta sa zadnjim temeljnim cilindrom. U tom slučaju, tiskovna podloga gotovo i nije opterećena na vlak. Takva vrsta fleksotiskarskog stroja je najbrža u fleksotisku.

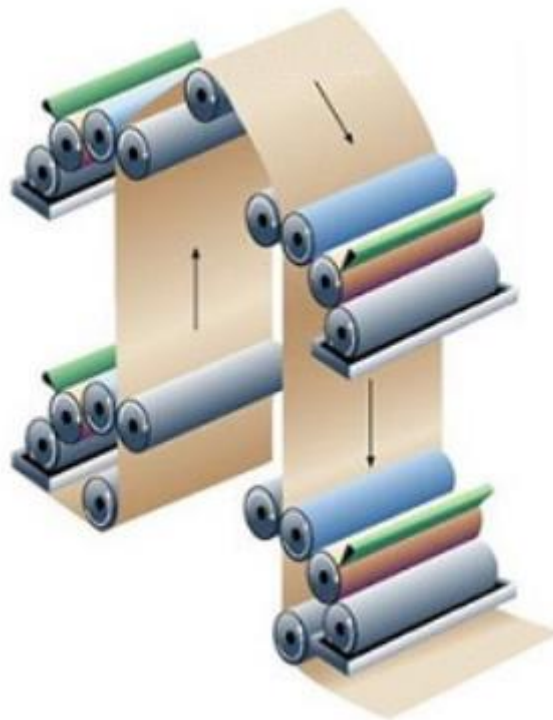
Na slici 3. je prikazan stroj s centralnim tiskovnim cilindrom, gdje tiskovna podloga leži na tiskovnom cilindru, a oko tiskovnog cilindra su postavljene tiskovne jedinice.



**Slika 3.** Stroj s centralnim tiskovnim cilindrom [7]

### 2.1.8.2. *Strojevi građeni u obliku tornja (Steack Presses)*

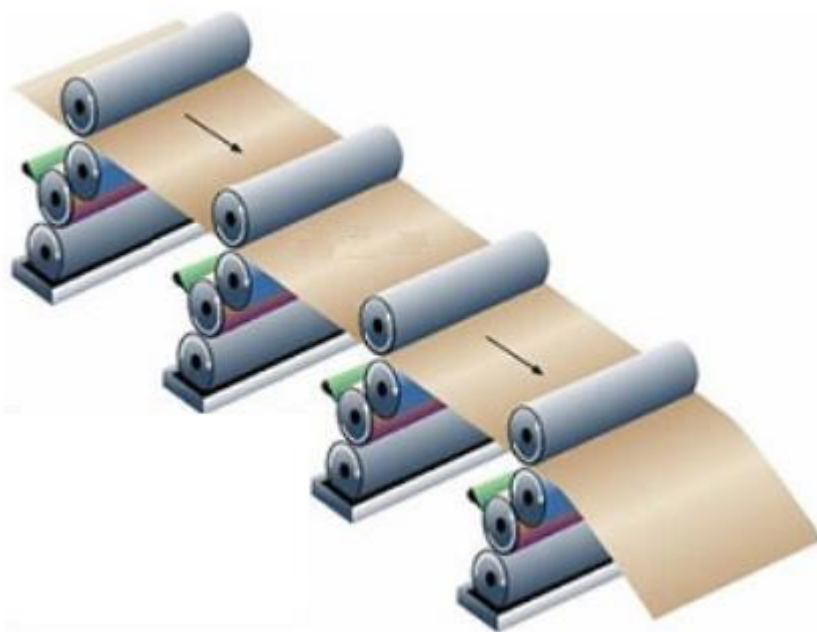
Ovakav tip strojeva ima pojedinačne tiskovne jedinice, koje su poslagane jedna iznad druge, gotovo uvijek u dva reda (slika 4.), ali ima konstrukcija i s jednim redom. Ukupno u stroju ima od dvije do deset tiskovnih jedinica, ali njihov raspored u tornju ne mora biti simetričan. Tiskovna podloga ulazi na jednoj strani stroja, putuje kroz sve tiskovne jedinice, prelazi na drugu stranu, gdje također prelazi kroz sve tiskovne jedinice, te izlazi iz područja otiskivanja. U međuprostoru između tiskovnih jedinica obavlja se sušenje otisnutog bojila. Prednost ovakvih strojeva je mogućnost tiskanja na tiskovne podloge velikih širina, obostrani tisak, te raznovrsnost otiskivanja, ali loša strana im je držanje pasera, naročito ako se tiska na sintetskim tiskovnim podlogama male debljine. Zbog toga se ne preporuča tiskanje kvalitetnijih kolora, jer paser može odstupati i do 0,2 mm.



**Slika 4.** Stroj građen u obliku tornja [7]

### 2.1.8.3. *Strojevi s tiskovnim jedinicama poslaganim horizontalno jedna iza druge*

Kod ovakvih strojeva su tiskovne jedinice poslagane horizontalno u liniju jedna iza druge, a iza svake jedinice se nalazi uređaj za sušenje (slika 5.). Brzina tiska kod strojeva u liniji je znatno manja od brzine strojeva s centralnim cilindrom, ali prednost je što se ovim strojem može raditi obostrani tisak. Udaljenost između tiskovnih jedinica relativno je velika, naročito kod većih strojeva. Da bi se tisak kvalitetno obavljao, redovito postoji elektronička kontrola pasera u svakoj tiskovnoj jedinici. Tako se može dobiti vrlo kvalitetan paser. Jedan od nedostataka je što ovakvi strojevi mogu zauzimati puno prostora, s obzirom na dužinu stroja.



**Slika 5.** Stroj u liniji [7]

## **2.2. Tiskovne forme u fleksotisku**

### **2.2.1. Povijest tiskovnih formi**

Klasična tiskovna forma za fleksotisak bila je u njemu jedina tiskovna forma sve do ranih sedamdesetih godina prošloga stoljeća. Ta, takozvana gumena forma izrađivala se utiskivanjem vrućega kalupa u prirodni ili umjetni kaučuk. Ohlađena forma zatim se hladila i mehanički dotjerivala do zahtijevanih dimenzija. Takav proces izrade gumene tiskovne forme za fleksotisak, uz neke nove načine, zadržao se još i danas. Danas se gumena tiskovna forma često izrađuje kompjutorski kontroliranim laserskim graviranjem.

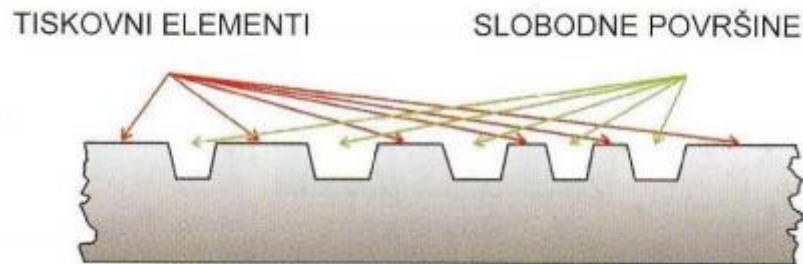
Ranih sedamdesetih godina pojavljuju se tiskovne forme za fleksotisak izrađene od fotopolimera. To je bilo revolucionarno otkriće, pa tako danas gumene tiskovne forme zauzimaju samo oko 15% tržišta, a ostalih 85% izrađuje se od fotopolimera. Kombinacija tanke fotopolimerne tiskovne forme i aniloks valjka u sustavu za bojenje stvorila je nove mogućnosti, odnosno omogućila kvalitetnije otiskivanje mnogih proizvoda u fleksotisku.[1]

S obzirom da je fleksotisak najrasprostranjeniji predstavnik visokog tiska u svijetu s tendencijom porasta [8], očekivano tehnologija izrade tiskovnih formi sve više i brže napreduje.



### 2.2.2. Svojstva tiskovnih formi

Materijal koji se koristi kao tiskovna forma za visoki tisak ima izbočene tiskovne elemente i udubljene slobodne površine (slika 6.) .Tiskovna forma za fleksotisak izrađuje se od prirodne ili sintetske gume i fotopolimera. Fotopolimeri mogu biti u krutom i tekućem stanju, no danas se pretežno koriste oni u krutom stanju koji su zbog svojih svojstava i mogućnosti reprodukcije većinom ispred gumenih tiskovnih formi.



**Slika 6.** Presjek polimerne tiskovne forme [9]

Kada su u neobrađenom stanju, fotopolimeri i gume koji se koriste kao materijali za izradu tiskovnih formi s fizikalno-kemijskog aspekta su fotoosjetljivi. To svojstvo omogućava da pri selektivnoj ekspoziciji dio osvijetljenog materijala očvrstne polimerizacijom, a dio neosvijetljenog materijala ostaje nepolimeriziran, te se uklanja s površine tiskovne forme kemijskim ili mehaničkim putem.

Za razliku od bojila i tiskovnih podloga, kvalitetno izrađena tiskovna forma svakako ima najveći značaj kada se želi postići vrhunski otisak tehnikom fleksotiska. Za tiskovne forme također postoje određeni parametri koji moraju biti ispunjeni kako bi ona bila upotrebljiva za tisak. Od fizičkih svojstava tiskovne forme očekuje se da bude tvrda i čvrsta (ovisno o podlozi), otpornost na abraziju, cijepanje i otapala te kao kemijsko svojstvo brzina fotopolimerizacije materijala od kojeg je forma načinjena i otpornost na utjecaj ozona. Tri su materijala od kojih se mogu izrađivati tiskovne forme, a to su guma, tekući fotopolimeri i najzastupljenija sirovina za proizvodnju su kruti fotopolimeri koji se obično nalaze u obliku ploča. [8]

### 2.2.3. Tiskovne forme od gume

Prve tiskovne forme koje su se upotrebljavale za fleksotisak bile su od gume. Guma bi se lijevala u kalupe i kada bi očvrstnula, bila je spremna za tisak. Takve tiskovne forme bi u procesu lijevanja i prelaska u kruto stanje imale dosta neželjenih neravnina i udubljenja i u procesu tiska bi se vidjeli ti nedostaci, posebno na punim tonovima. Ovakve tiskovne forme su mogle otisnuti višetonske reprodukcije vrlo niske kvalitete. Sirovine od kojih se izrađuju ove tiskovne forme su gume na prirodnoj ili sintetičkoj bazi poput nitril, butil ili neopren guma. U smjesu tekuće gume se dodaju razni aditivi kako bi se poboljšala fizička svojstva ovakvih tiskovnih formi od kojih se mogu nabrojiti ugljik, cink oksid, barijev sulfat, glina i ulje. Izrada tiskovnih formi od gume polazi od izrade takozvane master ploče koja se može načiniti fotomehaničkim postupcima preko negativa. Sve do danas, tehnologija izrade gumениh tiskovnih formi je znatno napredovala, te su gumene tiskovne forme pogodne i za dobivanje otisaka velike kvalitete. [5,10]



**Slika 7.** Gumene tiskovne forme za fleksotisak [11 ]

#### 2.2.4. Tiskovne forme od fotopolimera

Kao najkvalitetnije, ujedno i najzastupljenije su tiskovne forme izrađene od čvrstih fotopolimera koji se nalaze u obliku ploča (slika 8.). Zahvaljujući izuzetnim svojstvima, daju vrlo kvalitetne otiske, oštre i čiste višetonske reprodukcije. Kao prednost se ističe to što su vrlo tanke i dovoljno tvrde. One se koriste kod otiskivanja ambalaže, na kartone ili plastične folije.



**Slika 8.** Tiskovne forme od čvrstog fotopolimera [12]

Kemijski sastav ovih tiskovnih formi polazi od fotopolimernih materijala iz kojih zračenjem iz reakcije fotopolimerizacije iz fotoinicijatora proizlaze slobodni radikali. Monomeri stoga sadržavaju akrilnu funkcionalnu skupinu koja određuje stupanj polimerizacije, odnosno fleksibilnost tiskovne forme. Različiti spojevi koji se dodaju u smjesu koji daju tiskovnoj formi određena fizikalna svojstva. Za regulaciju tvrdoće gume i fleksibilnost površine dodaje se elastomer poliizopren. Za sprječavanje polimerizacije u tami, dodaje se hidrokinon.

Tiskovna forma za osvjetljavanje se priprema tako da se na dno stavi PET podloga na kojoj se ujedno nalazi i fotopolimer s fotoinicijatorima. Na to se dodatno stavlja sloj koji služi za prihvaćanje bojila, pogotovo onog na bazi vode zbog površinske napetosti vode i njezina težeg prihvaćanja za tiskovnu formu. Kako bi se spriječila oksipolimerizacija fotopolimernog sloja, stavlja se zaštitna folija na kojoj se nalazi silikonski sloj. Silikonski sloj stavlja se u kontakt s fotopolimerom i ujedno osigurava lakše odvajanje zaštitnog sloja te štiti negativ od mogućeg lijepljenja za fotopolimer tijekom ekspozicije.[10]

### 2.2.5. Fotopolimerne tiskovne forme za digitalne postupke (CtP)

Digitalni postupci izrade tiskovnih formi omogućavaju bržu izradu formi bez primjene predložaka. No, i kod ovog tipa izrade tiskovnih formi, na neki način se moraju odvojiti tiskovne površine od slobodnih površina. Zbog toga imamo danas na tržištu nekoliko tipova tiskovnih formi za digitalne postupke.

Jedna vrsta tiskovnih formi za CtP postupke koja se danas najčešće koristi je tiskovna forma koja sadrži fotoosjetljivi sloj, tzv. masku (LAMS, laser-ablated-mask), koja zapravo simulira ulogu konvencionalnog predloška na polimeru (slika 9.).



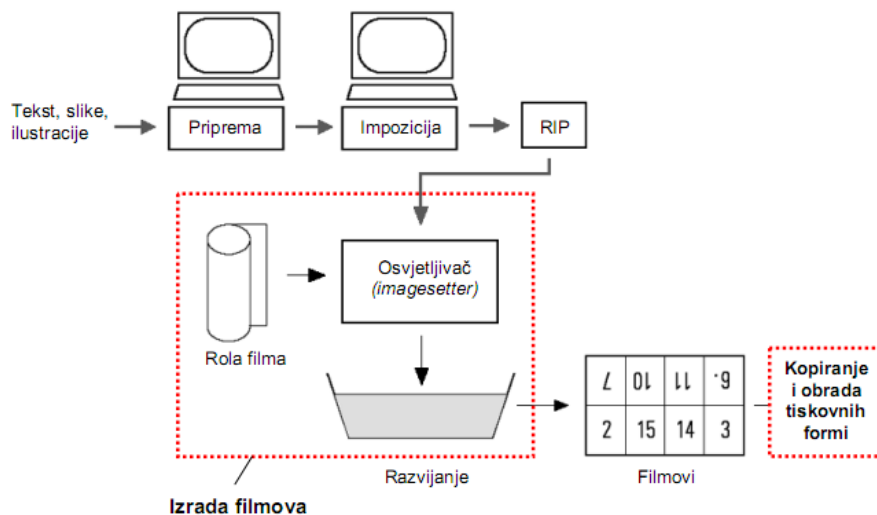
**Slika 9.** Presjek tiskovne forme s LAMS slojem [13]

Postupak ispisa se bazira na principu obrade LAMS sloja tiskovne forme. U prvom se koraku LAMS sloj laserski uklanja na mjestima budućeg zapisa stvarajući pritom fina, mikroskopski vidljiva udubljenja. Termalna ablacija podrazumijeva uklanjanje dijelova termoaktivnog sloja laserom visoke snage. Takav pristup iziskuje i interni usisni sustav kojim se uklanjaju odstranjene sitne čestice prije nego li se one slegnu na optički sustav ili na polimer. Time se na površini polimera dobiva simulirani predložak nositelj zapisa na tiskovnoj formi. Zatim se tiskovna forma izlaže UV zračenju pri čemu dolazi do polimerizacije polimernog sloja na mjestima gdje je uklonjena LAMS maska, tj. na mjestima budućih tiskovnih površina.[14]

## 2.2.6. Postupci izrade tiskovnih formi

### 2.2.6.1. Konvencionalni postupak izrade tiskovnih formi

Tok rada s konvencionalnim postupkom izrade tiskovnih formi prikazan je na slici 10.. Nakon unosa i obrade podataka u računalu, slijedi priprema tiskovnog arka i postupak obrade digitalnih podataka u RIP-u (Raster Image Processor). Digitalnom obradom podataka u RIP-u slijedi osvjetljavanje filmova u uređajima za ispis na filmove. Razvijanjem i fiksiranjem u otopinama razvijачa i fiksira, dobiva se vidljiva i stabilna slika na filmu. Nastala slika je zapis informacije koja će se reproducirati i koja se s predložka, u kopirnoj rami, procesom kopiranja prenosi na tiskovnu formu. Razvijanjem nastaje zapis na tiskovnoj formi koji predstavlja nositelja informacije koja se bojom procesom realizacije reprodukcija prenosi na tiskovnu podlogu.

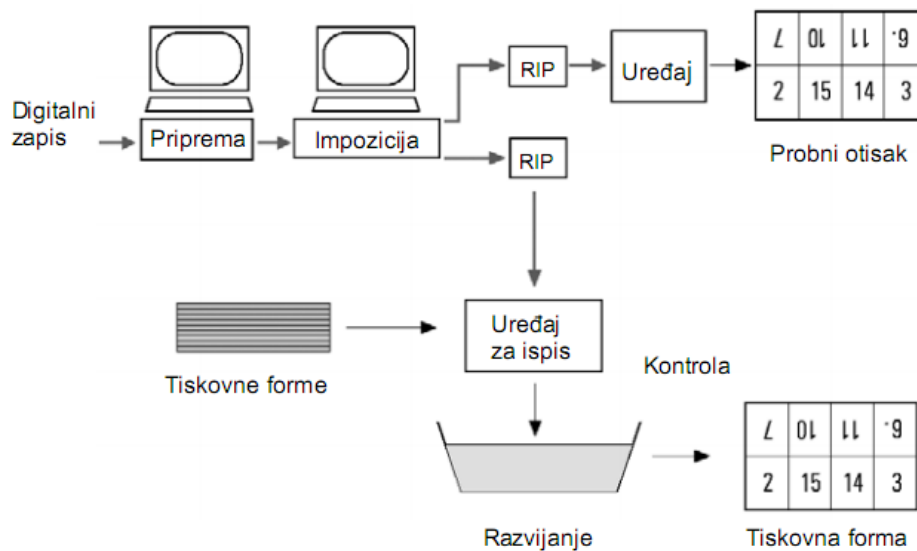


**Slika 10.** Konvencionalni postupak izrade tiskovnih formi [14]

Kod konvencionalnog postupka izrade tiskovne forme predložci se koriste za izradu tiskovnih formi. Sustavom vakuuma negativ predložak dovodi se u kontakt s površinom neosvijetljenog fotopolimera. Transparentni dijelovi predložka omogućavaju definiranje položaja i veličine tiskovnih elemenata osvjetljavanjem UV zračenjem. Fotopolimerne tiskovne forme izrađene su od materijala koji je u svom neobrađenom stanju izrazito mekan, što omogućava dobro prianjanje na glatke površine.[14]

### 2.2.6.2. „Computer to Plate“ postupak izrade tiskovnih formi

Na slici 11. prikazan je najčešći izgled toka rada s CtP sustavom izrade tiskovnih formi. Nakon obrade i pripreme dobivenih podataka (teksta, ilustracija, fotografija) slijedi kontrola digitalnih podataka u tzv „preflight check“. Ukoliko se pregledom podataka utvrdi ispravnost pripremljenog dokumenta, slijedi izrada PostScript datoteke podataka u RIP-u. Postoji nekoliko načina prijenosa podataka od RIP-a do uređaja za ispis. U većini slučajeva uređaj za ispis je spojen izravno s RIP-om, te podaci prelaze izravno iz RIP-a na uređaj za ispis.[14]



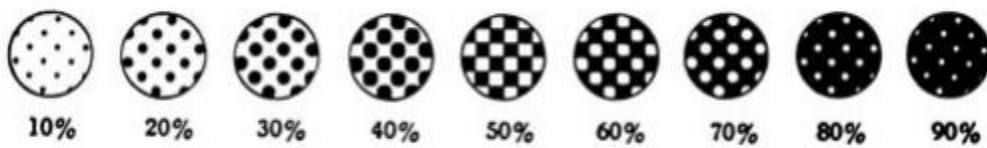
**Slika 11.** Radni tok s CtP postupkom [14]

Computer to Plate (CtP) tehnologija omogućila je i omogućava značajan razvoj fleksografskog tiska. CtP tehnologija prvi puta je realizirana 1996. godine. Pomoću razvijene tehnologije moguća je direktna izrada tiskovne forme iz računala, pri čemu je izbjegnuta postupak izrade filmova. Osim toga znatno smanjuje gubitak informacija, te omogućuje brži i precizniji način izrade tiskovnih formi.

Konfiguracija tiskovne forme za lasersku ablaziju sastoji se od crne maske (termo osjetljivog sloja) i fotopolimernog sloja. Latentna slika na fotopolimeru stvara se uklanjanjem crne maske s YAG laserom, pri čemu crna maska dobiva ulogu negativ filma prilikom osvjetljavanja. Daljnji postupak osvjetljavanja fotopolimerne tiskovne forme se odvija na isti način kao i kod konvencionalne metode, odnosno slijedi predekspozicija, glavna ekspozicija, ispiranje i sušenje te završna ekspozicija. Fleksografske tiskovne forme stvorene na ovaj način imaju tanje rasterske elemente, nego prilikom uporabe negativ filmova, što omogućuje veći raspon rastertonskih vrijednosti.[4]

### 2.2.7. Raster

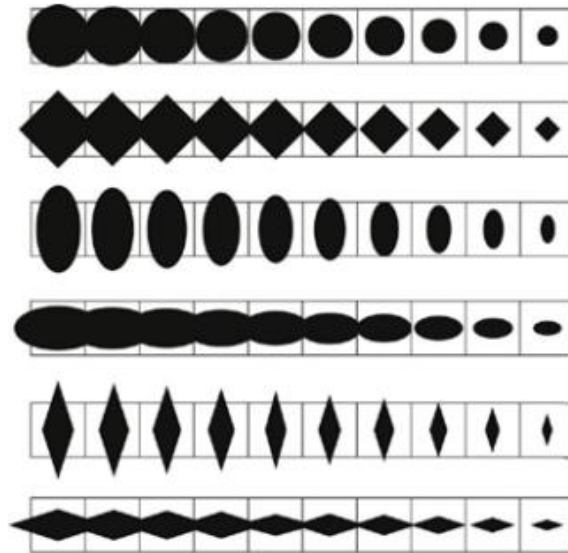
Kada se govori o pojmu raster, može se reći da je raster sredstvo kojim se obavlja rastriranje. Kao produkt rastriranja nastaje rasterski element. Neovisno da li se radi o klasičnom ili digitalnom rastriranju, nastanak višetonskih reprodukcija omogućen je zbog tromosti ljudskog oka i nemogućnosti raspoznavanja pojedinačnih malih rasterskih elemenata. Informacija o intenzitetu dobiva se iz skupne refleksije više rasterskih elemenata. Što je rasterski element manji, to je uočavanje rasterskog elementa na otisku teže. Stoga je osnovna razlika među rasterima upravo u veličini i razmaku rasterskih elemenata koji definiraju finoću ili linijaturu rastera, ovisno o vrsti rastera.[15]



**Slika 12.** Raster tonske vrijednosti (RTV) [16]

### 2.2.8. Vrste rasterskih elemenata i rastriranja

Kada se višebojni original rastrira, vrijednosti tonaliteta transformiraju se u tiskovni ili netiskovni element. Teoretski, rasterski element pravilnog je oblika, a može biti bilo kakvog izgleda, što je prikazano na slici 13..



**Slika 13.** Vrste rasterskih elemenata [17]

Najčešće se koristi rasterski element u obliku točkice. Ako se analizira takav okrugli element, intenzitet reflektirane svjetlosti definiran je veličinom i pokrivenošću bojilom samog rasterskog elementa. U praksi, pokrivenost i oblik rasterskog elementa ovisi o postupku tiska, tiskovnim materijalima, bojilima itd. Doživljaj različitih tonaliteta koje oko percipira refleksijom s rastrirane površine uslovljen je nizom različitih elemenata koji mogu utjecati na doživljaj. Konačna reprodukcija bazirana na rastriranju ovisi i o prethodnim fazama nastajanja rasterskog elementa, kao što je izrada predloška za tisak ili izrada tiskovne forme.

Raster se može podijeliti na dvije osnovne skupine:

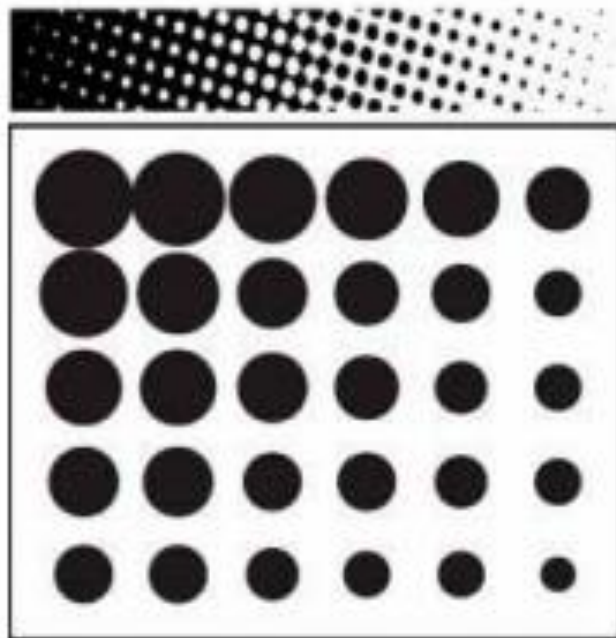
- amplitudno modulirani ili klasični raster
- frekventno modulirani ili stohastički raster

Pored osnovnih skupina postoje i podskupine rastera koje su hibridi različitih vrsta rastera i oblika rasterskih elemenata, te rasteri s modulacijom obojenja.



### 2.2.8.1. *Amplitudno modulirani ili klasični raster*

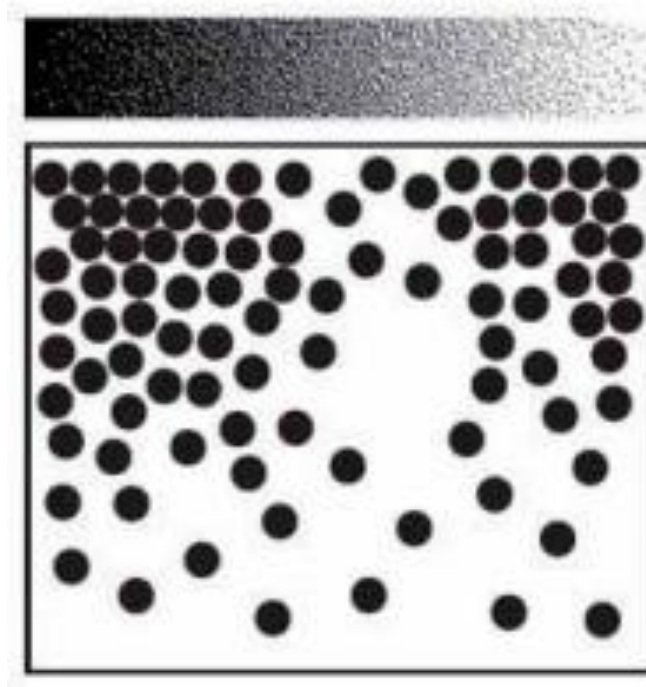
Kada se govori o amplitudno moduliranom rasteru (slika 14.), doživljaj različitih tonaliteta uvjetovan je promjenom veličine rasterskog elementa. Razmak između rasterskih elemenata uvijek je konstantan. Važno je napomenuti da je karakteristika konstantnosti razmaka između rasterskih elemenata neovisna o obliku rasterskog elementa. Korištenje amplitudno moduliranog rastera u grafičkoj industriji vrlo je rasprostranjeno, a razlog za to je vrlo kvalitetna mogućnost reproduciranja skoro cijelog raspona raster tonskih vrijednosti. Upotreba ovakvog rastera pokazala se manjkava prilikom reproduciranja sitnih detalja. Ovo ograničenje uslovljeno je veličinom rasterskih elemenata koji variraju ovisno o pokrivenosti površine. Veličina rasterskog elementa najčešći je uzrok smanjene mogućnosti reprodukcije finih detalja kod velikih raster tonskih vrijednosti.[15]



**Slika 14.** Amplitudno modulirani raster (AM raster) [17]

### 2.2.8.2. *Frekventno modulirani ili stohastički raster*

Za razliku od amplitudno moduliranog rastera, osjećaj tonaliteta kod frekventno moduliranog rastera dobiva se različitim udaljenostima između rasterskih elemenata, dok je veličina rasterskog elementa konstantna (slika 15.). Finoća rastera nije definirana veličinom elementarnog kvadrata, već veličinom rasterskog elementa. Veličine rasterskih elemenata definiraju se u mikronima. Karakteristika frekventno moduliranog rastera je mogućnost vrlo kvalitetnog reproduciranja sitnih detalja. Međutim, FM rasteri rjeđe se koriste kod reproduciranja motiva koji se sastoje od jednoličnih površina. Razlog tome je mogućnost pojavljivanja „brazdi“ na otisku koje u stvarnosti ne postoje, već se događaju kao optička varka koja nastaje uslijed tromosti oka. Drugi problem kod korištenja FM rastera je pojava prirasta RTV-a, koja je skoro uvijek veća kod rastera s manjim rasterskim elementima. Korištenje FM rastera u grafičkoj proizvodnji najčešće je kod izrade visokokvalitetnih proizvoda i kada se tisak obavlja na visokokvalitetnim tiskovnim podlogama.[15]

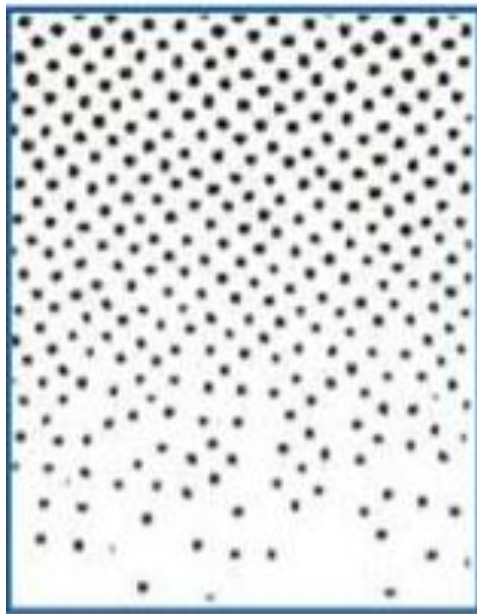


**Slika 15.** Frekventno modulirani raster (FM raster) [17]

### 2.2.8.3. *Hibridni rasteri*

Hibridni rasteri su rasteri koji su sastavljeni od elemenata amplitudno i frekventno moduliranih rastera. Takvi rasteri imaju određene prednosti s obzirom na mogućnosti reprodukcije tonaliteta. U novije vrijeme proizvođači uređaja za rastriranje stvorili su mnoge nove algoritme koji s hibridnim rasterima omogućavaju reprodukciju malih i velikih RTV-a upotrebom FM rastera, dok su srednji tonovi reproducirani uz pomoć AM rastera. Naravno prijelaz s jedne vrste rastera na drugu kreće se u određenom rasponu RTV-a. Pored navedenih mogućnosti, rasterski elementi u takvim rasterima mogu biti i različitih oblika, kao npr.: trokut, četverokut, linija, sinusoida i sl..[15]

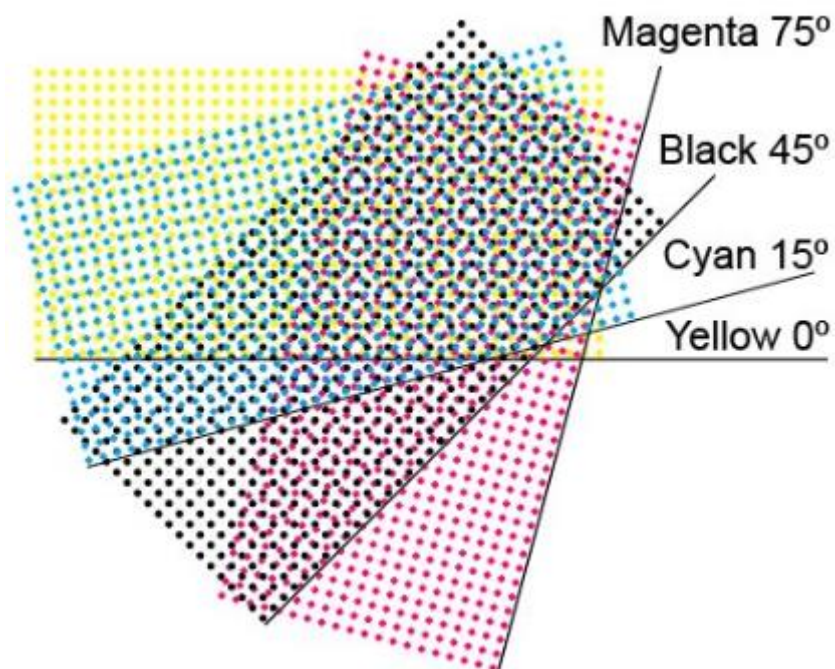
Na slici 16. je prikazan hibridni raster okruglog oblika, popularno nazvan samba raster, kod kojeg se FM koristi za 0-10% i 90-100% raster tonskih vrijednosti, a za ostatak se koristi AM raster.



**Slika 16.** Hibridni raster [16]

### 2.2.9. Višebojna reprodukcija

U svim tiskarskim tehnikama, tisak višebojne reprodukcije (engl. colour reproduction) ostvaruje se tiskanjem pojedinačnih osnovnih boja (žuta, cijan, magenta) i crne boje. Da bi se reproducirao višebojni original, potrebno je za svaku boju izraditi posebnu tiskovnu formu. Višetonski i višebojni originali su najsloženiji za reprodukciju. Kod snimanja ovih originala izdvajanje boja vrši se pomoću obojenih filtera, a da bi se reproducirali tonovi osnovnih boja istovremeno se vrši i rastriranje. Da bi se izbjegla pojava moarea, odnosno optički efekt nastao uslijed preklapanja rasterskih elemenata, mora se raster postavljati pod određeni kut, što je prikazano na slici 17.. Kut rasterskih točaka može biti različit što ovisi od oblika točke (kvadratna, okrugla, eliptična), vrste rastera ili primijenjenog standarda za određene tipove tiskovnih formi. Bitno je da se kutovi rastera za pojedine boje na otisku razlikuju kako ne bi došlo do preklapanja točkica. U toku procesa tiska mora se voditi računa da na otisku ne dođe do promjene oblika i veličine rasterske točke. Promjena oblika i veličina točke dovodi do promjene raster tonske vrijednosti boje na otisku (vrijednosti tonova na otisku odstupaju od tonova na originalu koji se umnožava).



Slika 17. Kutevi rastera za CMYK [18]

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

Da bi neko grafičko rješenje mogli otisnuti na stroju za fleksotisak, najprije treba to rješenje pripremiti i prilagoditi za fleksu tehniku, zatim izraditi tiskovne forme (klišeje) i tek nakon toga je moguće raditi tisak. Upravo ovakav radni tok (workflow) je cilj ovog eksperimentalnog dijela rada gdje će biti opisan postupak pripreme jednog grafičkog rješenja za fleksotisak, počevši od grafičke pripreme, potrebnih korekcija na dizajnu, stvaranje separacija boja i ostalih radnji koje su potrebne. Zatim slijedi opis strojeva koji su potrebni za izradu fotopolimernih tiskovnih formi, te je opisan sam proces izrade formi. Sve navedeno je rađeno u tvrtki Etigraf d.o.o. iz Umaga.

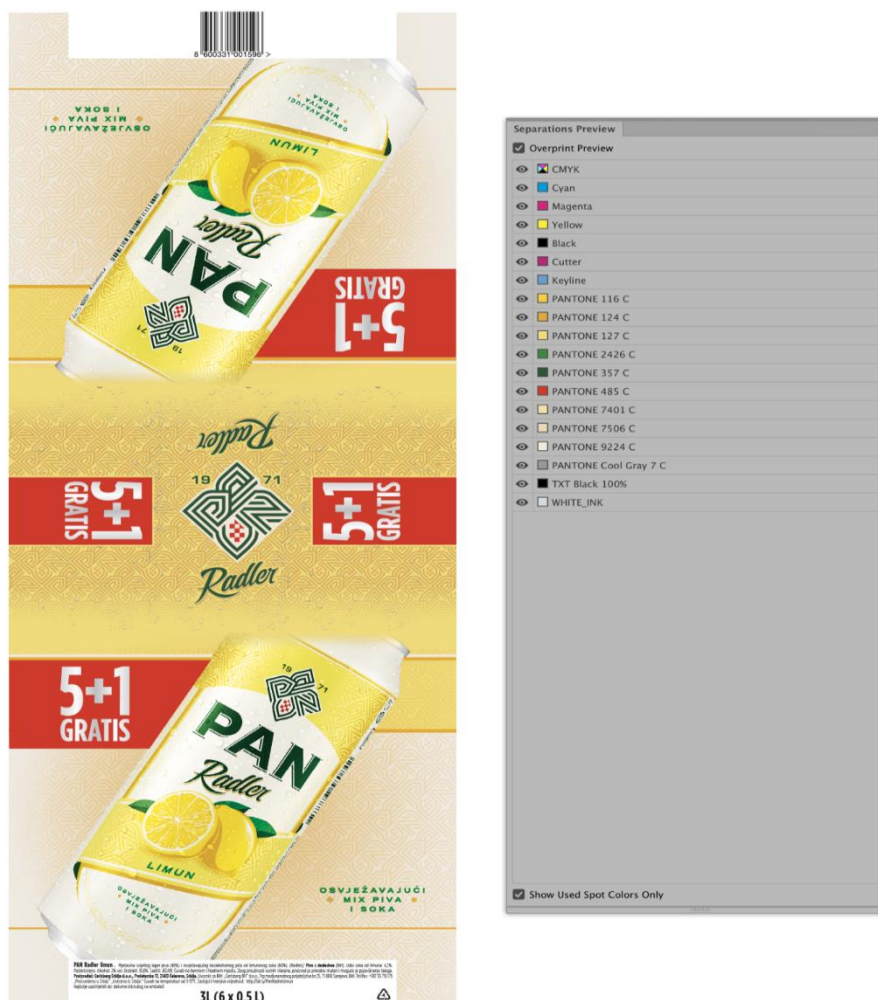
Drugi dio eksperimentalnog dijela je tisak pripremljenog grafičkog rješenja u tvrtki Muraplast d.o.o. iz Kotoribe, gdje su izvršena i mjerenja spektrofotometrom GretagMacbeth SpectroEye CIE L\*a\*b\* vrijednosti razlike dviju boja – originala i reprodukcije.

### 3.1. Radni tok pripreme grafičkog rješenja

#### 3.1.1. Priprema grafičkog rješenja

Grafičko rješenje koje sam odabrao za pripremu je Pan Radler. Tisak će se raditi na termoskupljajući polietilenski film niske gustoće (PE-LD) koji se koristi u pivovarama za skupno pakiranje na visokim temperaturama (cca 180°), u ovom slučaju 6 limenki (6-pack).

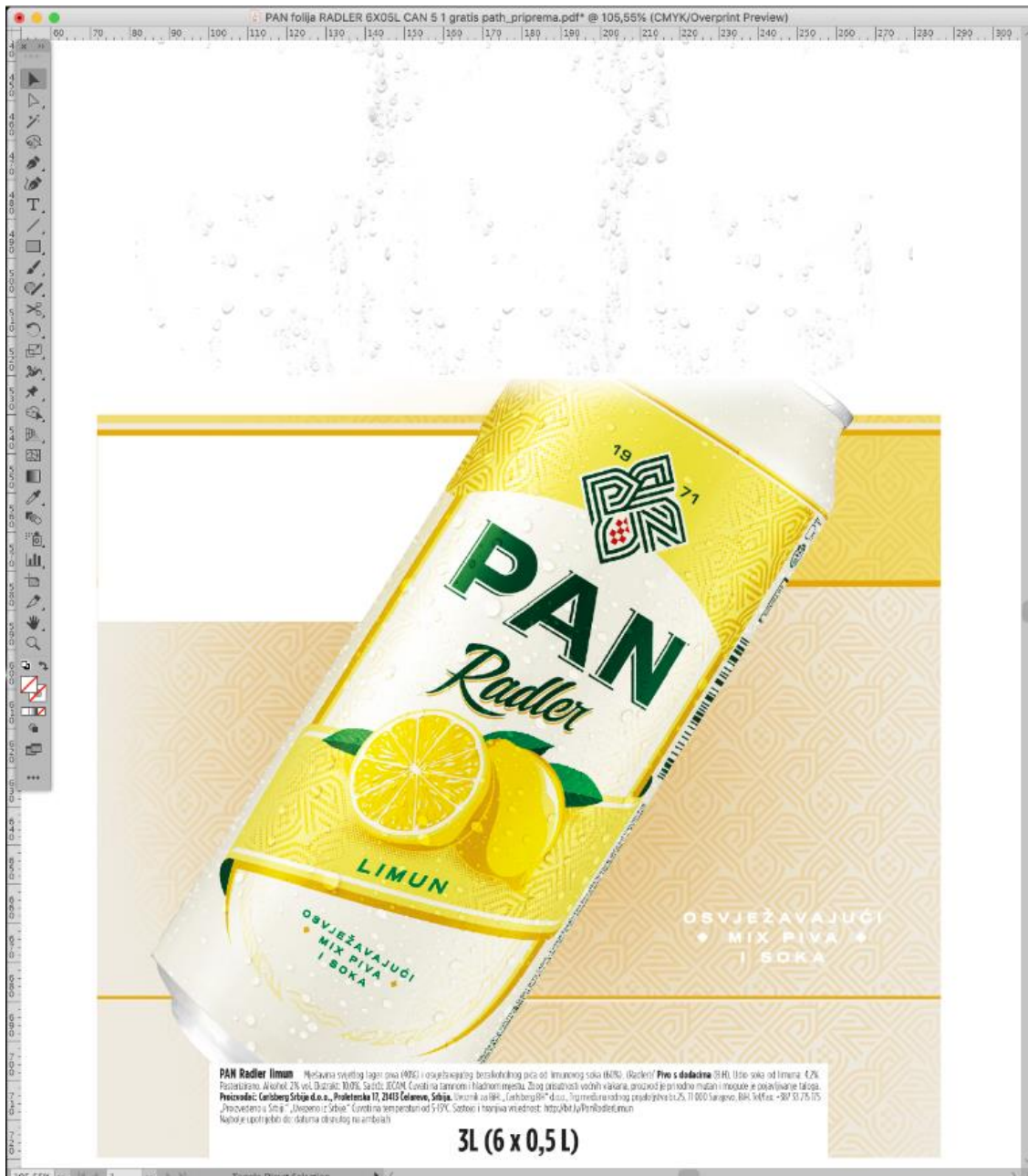
Prvi korak nakon zaprimanja grafike je ispisivanje print proof-a u mjerilu 1:1 na ploteru, s ciljem da se vidi kompletni dizajn, te da služi kao referenca za pripremu i obradu grafičkih podataka. Nakon što je analiziran print proof, započinje analiza ulaznog file-a. Kao što je vidljivo na slici 18., grafičko rješenje je napravljeno iz 16 boja: cyan, magenta, yellow, black, Pantone 116C, Pantone 124C, Pantone 127C, Pantone 2426C, Pantone 357C, Pantone 485C, Pantone 7401C, Pantone 7506C, Pantone 9224C, Pantone Cool Gray 7C, Pantone Black i bijele boje.



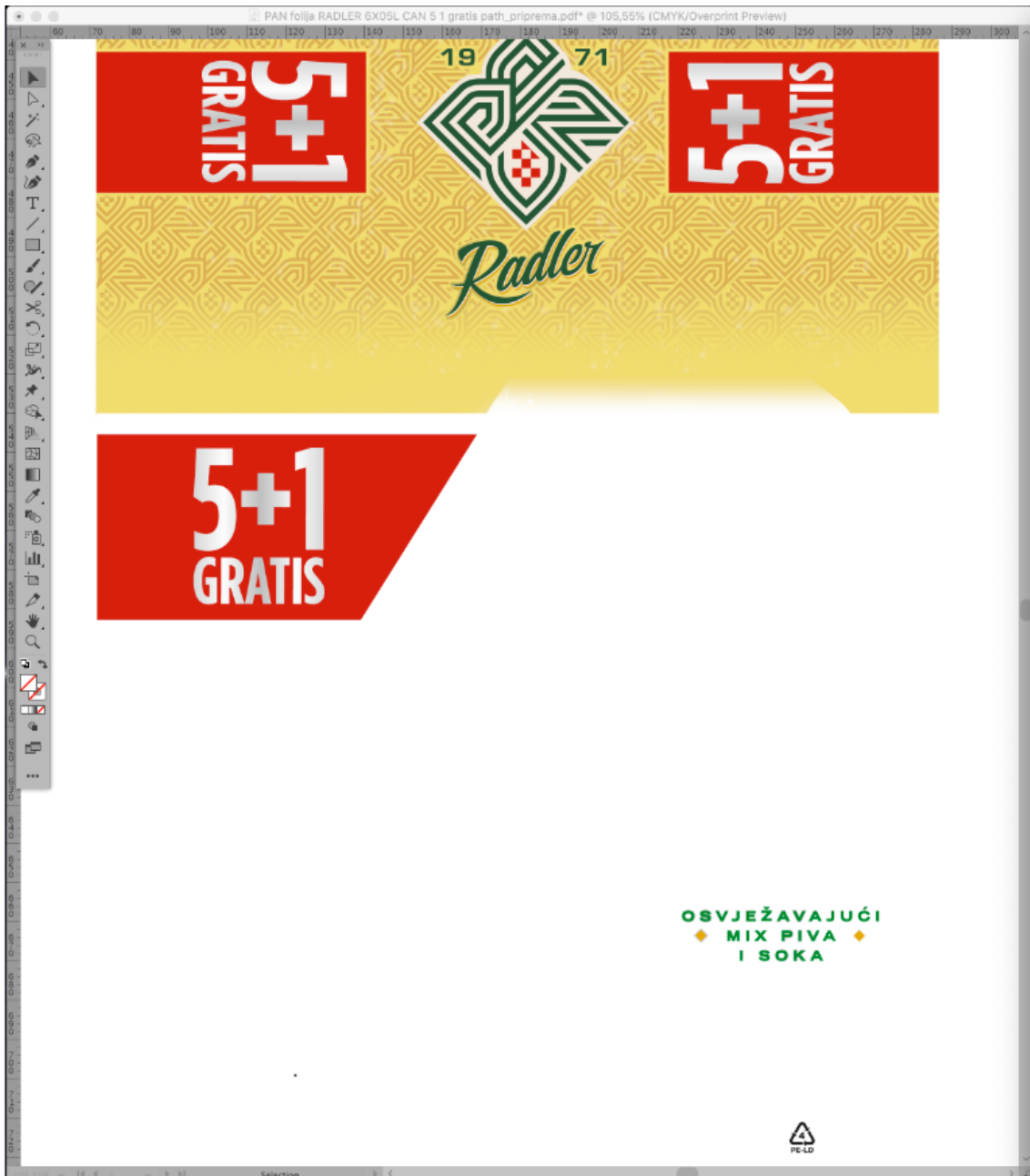
Slika 18. Ulazni file Pan Radler

### 3.1.2. Analiza grafičkih file-ova

S obzirom da će se tisak ovog rješenja vršiti na stroju koji ima mogućnost tiskanja 8 boja, zatraženo je od dizajnera da prepravi dizajn u 8 boja. Korigirani file sada je napravljen u CMYK, bijela, TXT Black 100%, Pantone 2426C, Pantone 357, Pantone 9224C, Pantone 124C, Pantone Cool Gray 7C, Pantone 485C i Pantone 127C, što znači da su 3 boje maknute, te još uvijek ima previše korištenih boja. Na slici 19. i slici 20. prikazani su separati boja ulaznih file-ova.



Slika 19. Ulazni file CMYK



Slika 20. Ulazni file Pantone boje



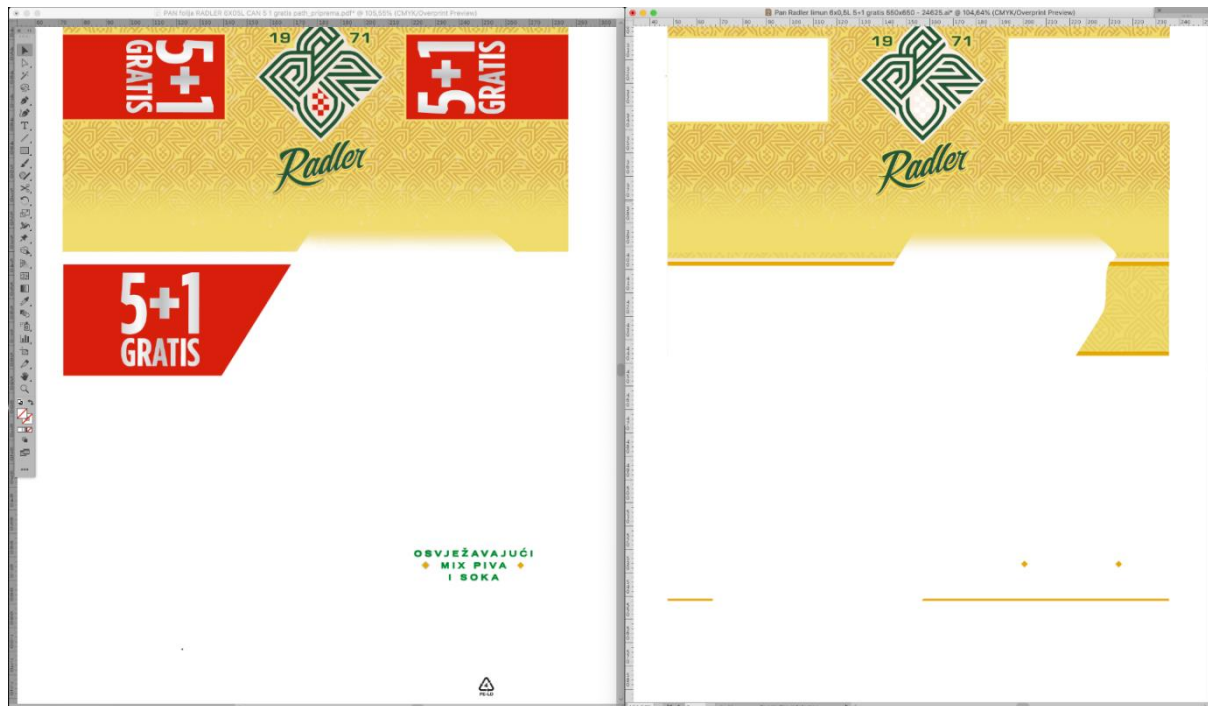
### 3.1.3. Obrada grafičkih file-ova

Sljedeći korak je određivanje boja koje će se koristiti u tisku, a da ukupni broj boja ne premaši broj 8. S obzirom da se tisak vrši na prozirni film, prva boja će biti bijela boja, koja će predstavljati bijelu podlogu, sa svrhom da ostale boje ne djeluju prozirno, nego intenzivno, te da se pakovina ne vidi kroz film i boje. Sljedeće 4 boje su CMYK (cyan, magenta, yellow i black) koje će se koristiti za motiv limenke, natpis 5+1 gratis, bež struktura oko limenke, deklarativni dio, te natpis OSVJEŽAVAJUĆI MIX PIVA I SOKA. Usporedba ulaznih file-ova i obrađenih file-ova ZA CMYK je prikazana na slici 21., gdje se vidi kako je dizajner napravio separaciju boja, te separaciju boja nakon obrađenih file-ova.



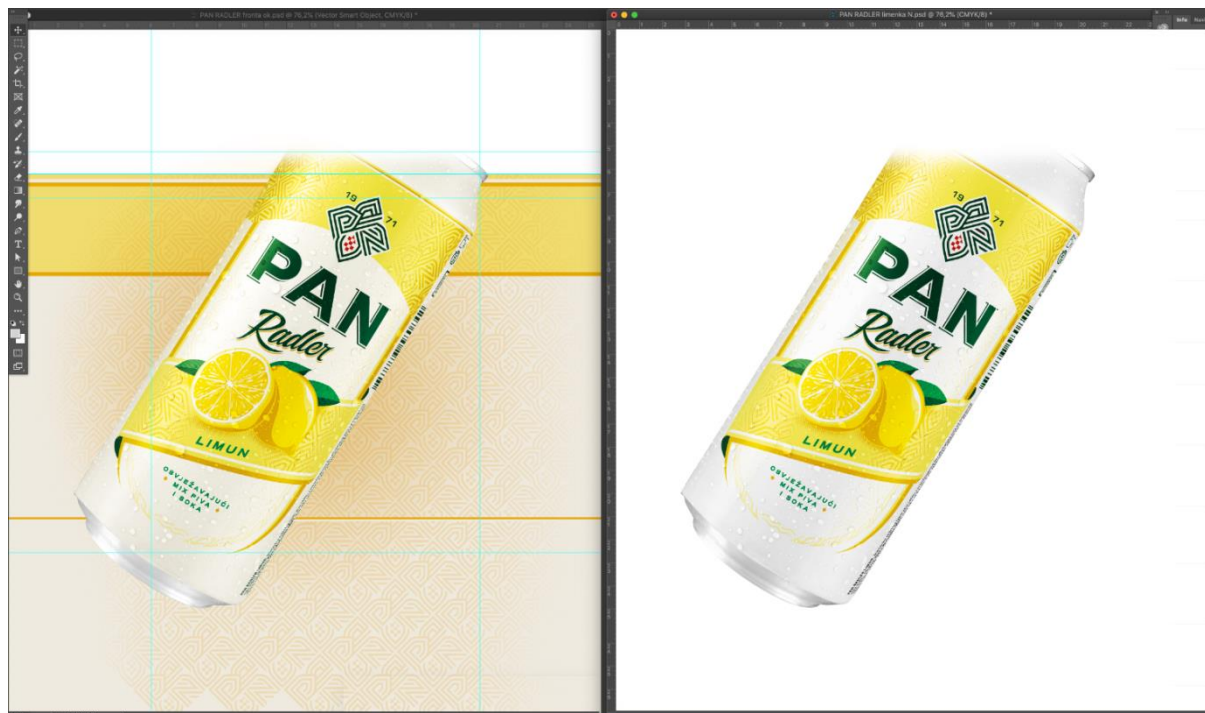
Slika 21. Usporedba ulaznog i obrađenog file-a u CMYK-u

Preostale su još 3 Pantone boje, a to su Pantone 124C, Pantone 127C i P357C, koje se koriste za Pan logo, natpis Radler, te pozadinsku strukturu, što je prikazano na slici 22..



**Slika 22.** Usporedba ulaznoga i obrađenog file-a u Pantone bojama

Dodatne obrade file-ova također su nužne, poput čišćenja minimalnih tonskih vrijednosti kolornih boja. Na slici 23. je prikazana usporedba ulaznog file-a limenke, gdje su se u najsvjetlijim tonovima limenke nalazile 4 boje (CMYK), a nakon obrade je pozadina izvedena u samo jednoj boji, crnoj, kako prilikom tiskanja pozadina ne bi potamnijela zbog prirasta rasterskih elemenata.



**Slika 23.** Usporedba ulaznoga i obrađenog file-a limenke

Nakon obrade file-ova, usporedbom ulaznih i obrađenih file-ova (slika 24.), gotovo se i ne vide razlike, što znači da je obrada file-ova bila uspješna, te je grafičko rješenje pripremljeno za sljedeću fazu, a to je izrada RIP-a (Raster Image Processor), nakon kojeg slijedi proces izrade tiskovnih formi.

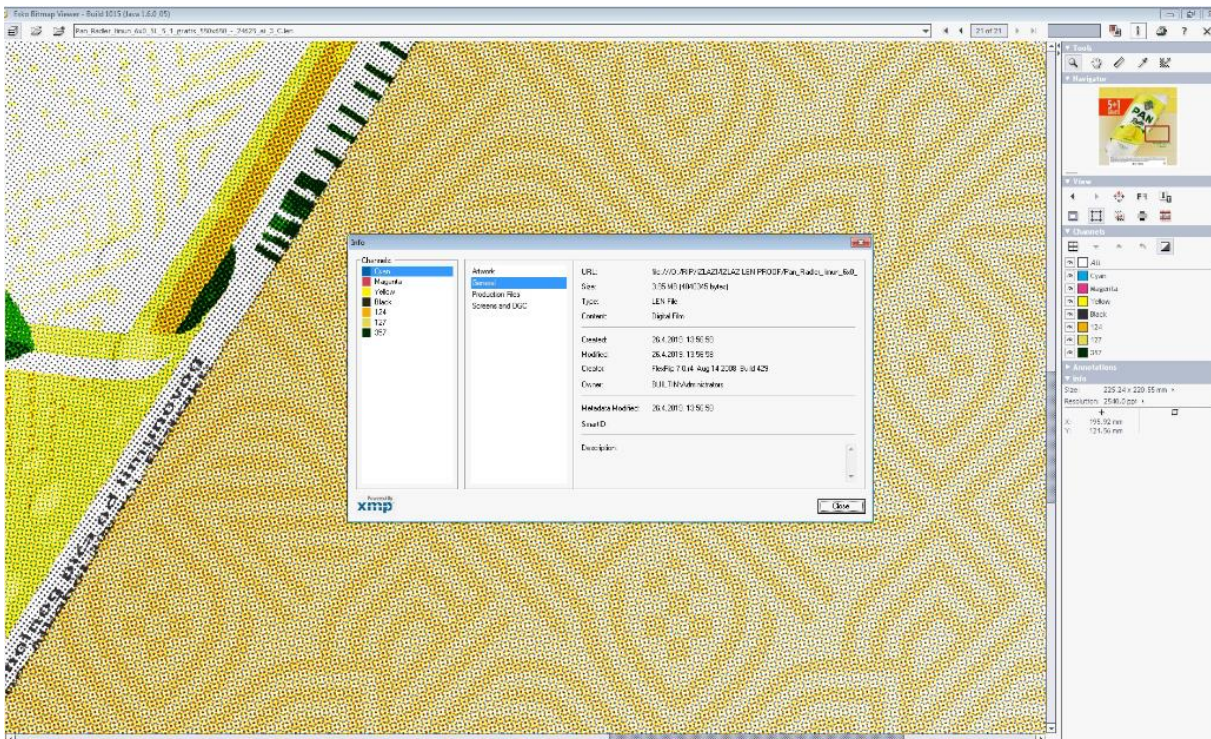


Slika 24. Usporedba ulaznog i obrađenog file-a kompletnog grafičkog rješenja

### 3.1.4. Raster Image Processor (RIP)

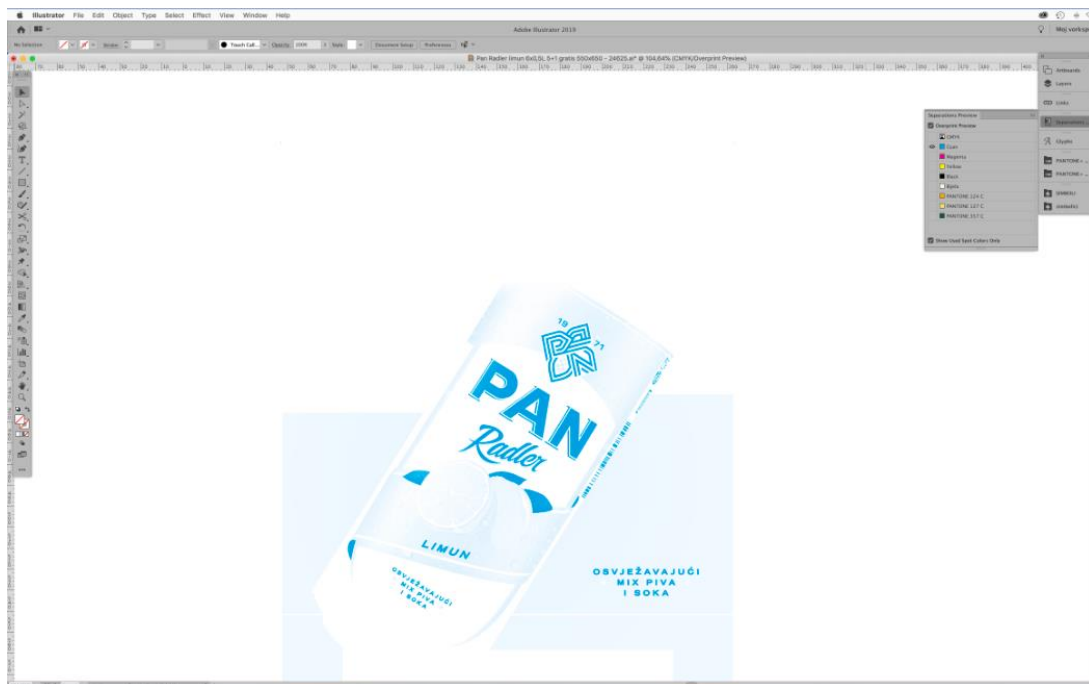
Ključni dio radnog toka u svakom odjelu pripreme je RIP (eng. Raster Image Processor) ili uređaj koji ima složen zadatak prerade digitalnog zapisa. To je zasebno računalo koje je određeno za obavljanje specifičnih zadataka. Zadaci su podijeljeni u tri koraka. Prvi korak je interpretacija Post Script datoteke u kojoj se prepoznaju dijelovi reprodukcije poput teksta, fotografija, ilustracija, vektorskih grafika i slično. Sljedeći korak je takozvano renderiranje prepoznatih objekata na zadanu razlučivost za izlaznu datoteku. Treći korak je rastriranje svih ulaznih informacija, odnosno izrada separacija za svaku procesnu boju posebno. Osim toga, RIP definira i kut rastriranja, razlučivost i oblik rasterskog elementa. Izlazna datoteka iz RIP-a je u bitmap zapisu i ona dalje odlazi na stroj za osvjetljavanje tiskovnih formi u kojem laser prepoznaje bitmap datoteku i zapisuje informacije na ploču.

Na slici 25. je uvećano prikazan jedan segment grafičkog rješenja koji je rastriran.

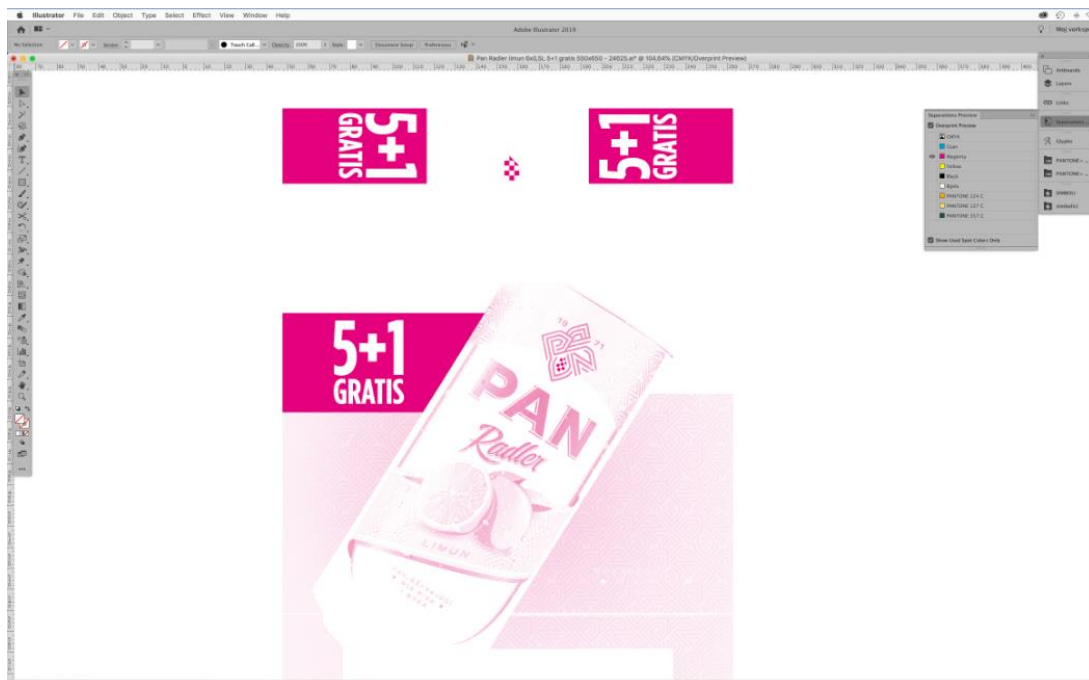


Slika 25. Prikaz rastriranog segmenta grafičkog rješenja

Na sljedećim slikama su prikazane separacije za svaku procesnu boju posebno.



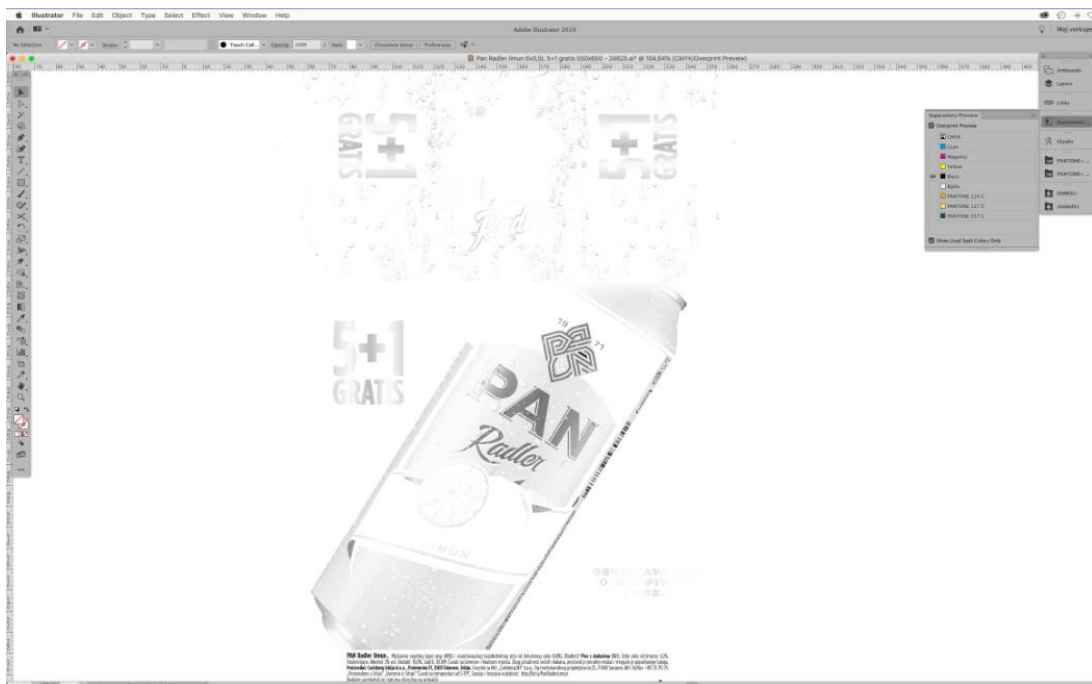
Slika 26. Separat Cyan



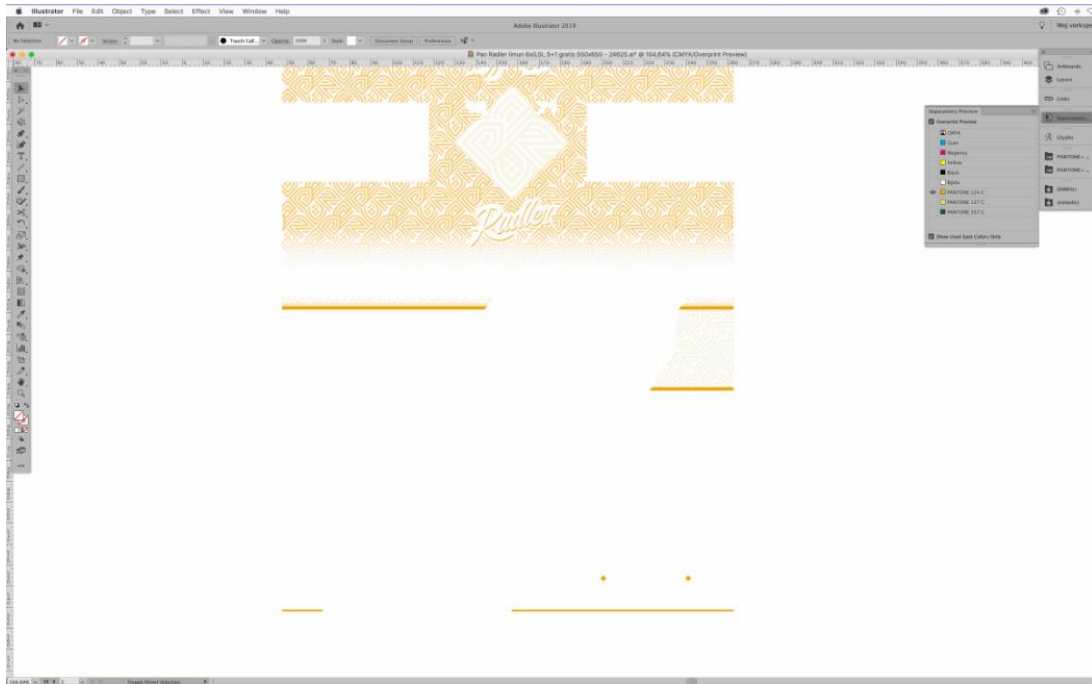
Slika 27. Separat Magenta



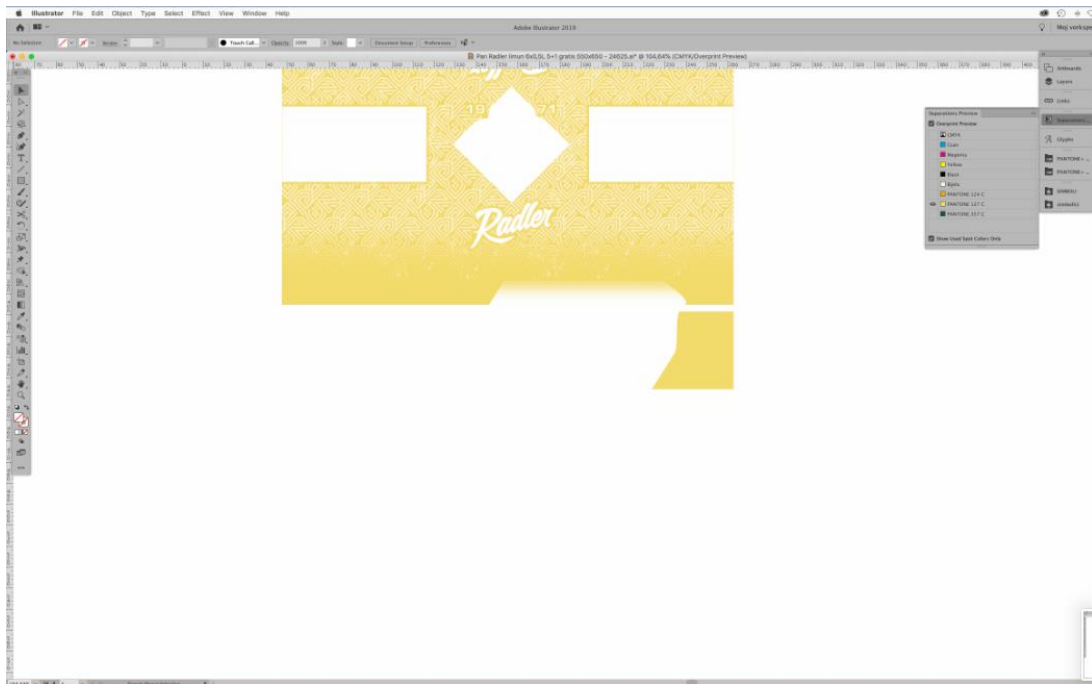
Slika 28. Separat Yellow



Slika 29. Separat Black

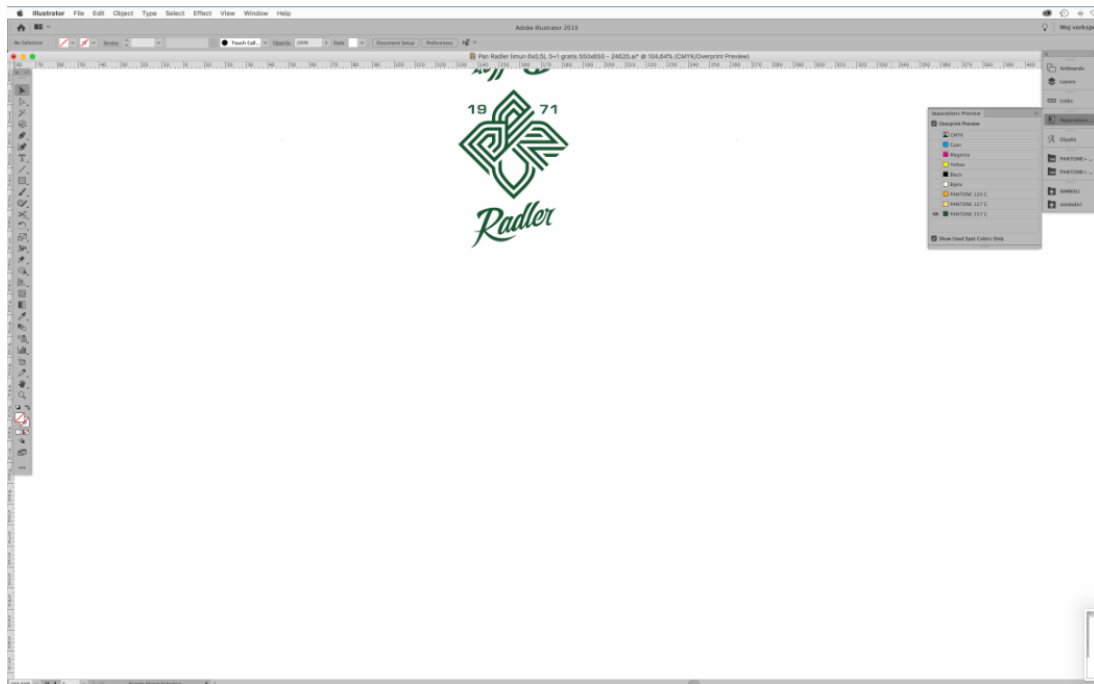


**Slika 30.** Separat Pantone 124C

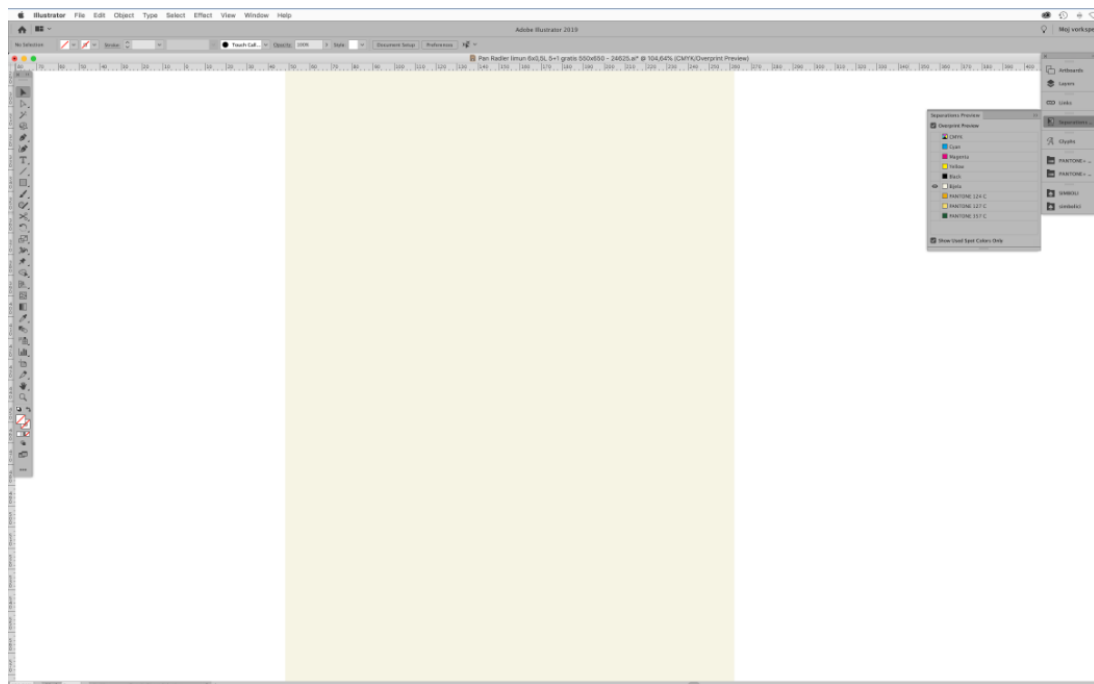


**Slika 31.** Separat Pantone 127C





Slika 32. Separat Pantone 357C



Slika 33. Separat White

## 3.2. Radni tok izrade fotopolimernih tiskovnih formi

### 3.2.1. Predekspozicija

Izrada fotopolimernih tiskovnih formi prolazi kroz više koraka. Prvi korak je predekspozicija., u kojem se neosvijetljena ploča s lasersko ablacijskim slojem ili LAMS (eng. Laser Ablation Mask) slojem osvjetljava sa stražnje strane pod UV-A svjetlom u određenom vremenu trajanja, kako bi se fotopolimerizirao donji sloj ploče. LAMS sloj se zapravo nanosi na ploče za vrijeme njihove proizvodnje i predstavlja masku ili svojevrsni negativ film.

Predekspozicija je rađena na stroju za osvjetljavanje ploča Dupont Cyrel Fast 1000 ECLF (slika 34.). To je stroj na kojem se može raditi i glavna ekspozicija, te postekspozicija. Uz to, u njemu se i mogu sušiti tiskovne forme. Za predekspoziciju i glavnu ekspoziciju se koriste 24 UV-A fluorescentne svjetiljke, a za postekspoziciju se koriste 19 UV-C i 20 UV-A fluorescentne svjetiljke.



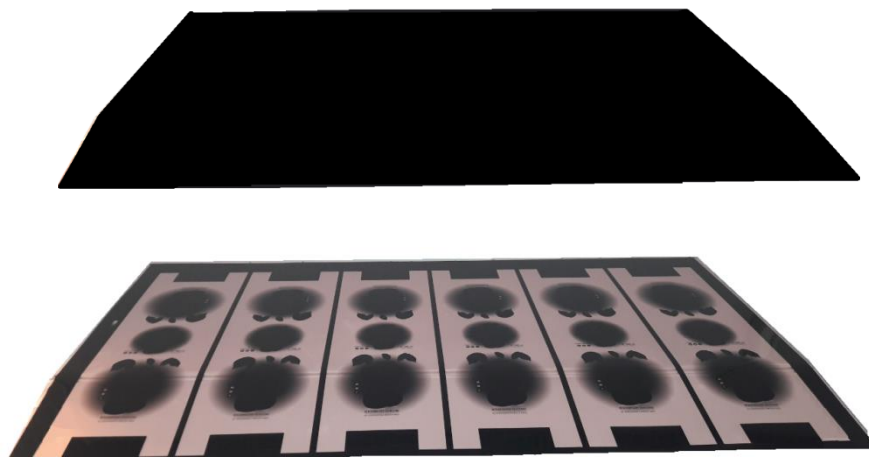
**Slika 34.** Dupont Cyrel Fast 1000 ECLF[19]

Nakon preekspozicije, tj. nakon što se fotopolimerizirao donji sloj ploče, slijedi ispisivanje informacija na ploču. Uređaj koji je korišten za ispis ploče je Esko CDI Spark 4260 (slika 35.), koji radi po principu vanjskog bubnja na kojeg se ploča pričvršćuje pomoću vakuuma. U ovom uređaju se nalazi i jedan laser za ispis.



**Slika 35.** Esko CDI Spark 4260[20]

Kako izgleda ploča kada je osvijetljena sa stražnje strane i kako izgleda ploča s koje je skinut LAMS sloj, tj. skinut LAMS sloj na budućim tiskovnim elementima, prikazano je na slici 36..



**Slika 36.** Ploča nakon preekspozicije i ploča sa segmentno uklonjenim LAMS slojem

### 3.2.2. Glavna ekspozicija i razvijanje

Ploča sada ima laserski segmentno skinut LAMS sloj i ide na glavnu ekspoziciju koja traje određeno vrijeme na stroju Dupont Cyrel Fast 1000 ECLF, koji je opisan kod predekspozicije. Nakon ovih koraka, ploča je osvijetljena sa stražnje i prednje strane, te slijedi rezanje viška s nje, zatim perforacija, a sve to da bi ploča mogla u fazu razvijanja. Uređaj koji se koristi za razvijanje tiskovnih formi je Concept 405 DW (slika 37.). U ovom se uređaju pomoću četki i otapala skida preostali LAMS sloj i nefotopolimerizirani dijelovi ploče, nakon čega se ploča ocijedi od suvišnog preostalog razvijачa, ali nije do kraja suha, te za konačno sušenje ploča ide ponovno u stroj Dupont Cyrel Fast 1000 ECLF, ali ovaj puta u ladice u donjem dijelu stroja. Svaka ladica ima definirano vrijeme sušenja, kao i definiranu temperaturu.



**Slika 37.** Concept 405 DW[21]

### 3.2.3. Postekspozicija i neutralizacija

Posljednja dva koraka radnog toka izrade fotopolimernih tiskovnih formi su postekspozicija, što znači da se tiskovna forma nakon što se osuši, stavlja ponovno na osvjetljavanje u stroj Dupont Cyrel Fast 1000 ECLF , ali jedno kraće vrijeme, otprilike 4 minute. I slijedi neutralizacija, da bi se spriječilo sljepljivanje tiskovnih formi jedna o drugu prilikom dodira. Na kraju se dobije fotopolimerna tiskovna forma koja je spremna za tisak.

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

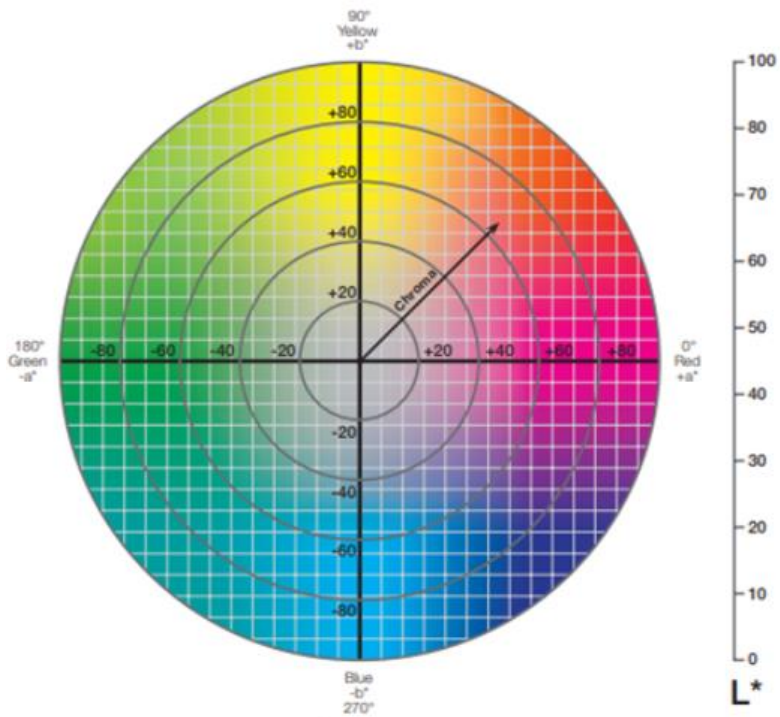
Nakon što su izrađene fotopolimerne tiskovne forme, montiraju se na sleeveove, te se stavljaju na stroj za tisak. Stroj na kojem se tiskao dizajn Pan Radler (za koji je opisana grafička priprema i izrada tiskovnih formi u eksperimentalnom dijelu) je Uteco Diamond (slika 38.) u poduzeću Muraplast d.o.o.. To je stroj koji ima mogućnost tiskanja 8 boja, što je u ovom slučaju idealno, s obzirom da je i dizajn Pan Radler pripremljen u 8 boja.



**Slika 38.** Uteco Diamond [22]

Rezultati mjerenja vrijednosti originala i reprodukcije spotnih boja korištenih u tisku bazirani su na CIE  $L^*a^*b^*$  prostoru boja. CIE  $L^*a^*b^*$  prostor boja je trodimenzionalni model boja za preciznu kolornu komunikaciju, tj. za brojčano opisivanje boje. Komisija za međunarodnu suradnju (CIE) je svjetska organizacija za suradnju i standardizaciju boja.

U današnje vrijeme CIE  $L^*a^*b^*$  se koristi u proizvodnji kako bi se osigurala dosljednost u reprodukciji boja. U  $L^*a^*b^*$  prostoru boja, slovo  $L^*$  označava svjetlinu i to je akromatska komponenta, a  $a^*$  i  $b^*$  su kromatske komponente,  $a^*$  (crvena i zelena) i  $b^*$  (plava i žuta). Svjetlina se mjeri od 1 do 100 po vertikalnoj osi, gdje je 1 vrijednost za crnu, a 100 za bijelu.[23]



**Slika 39.** CIE L\*a\*b\* prostor boja [24]

Mjerenja u reprodukciji su izvršena na spektrofotometru Exact Advanced tvrtke XRite.



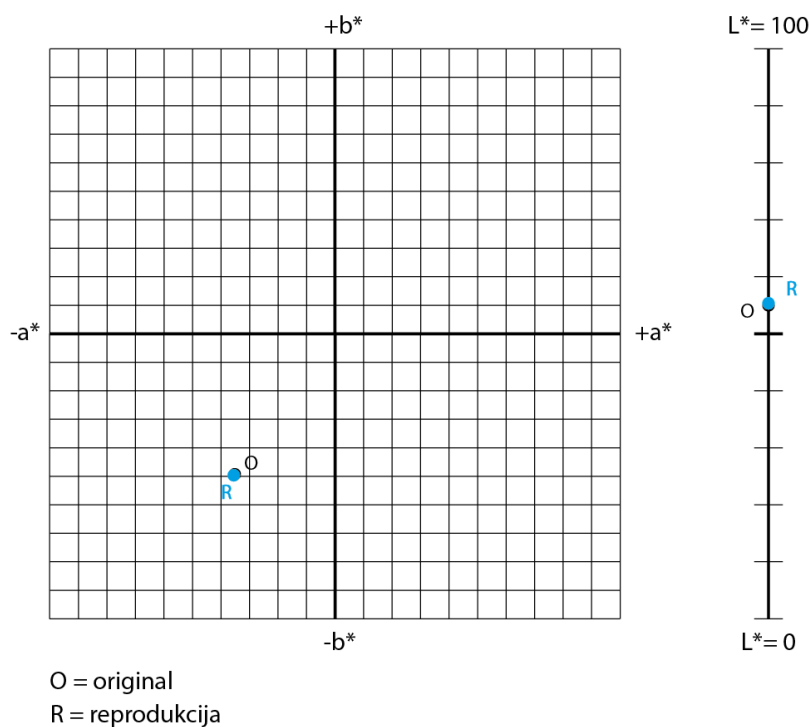
**Slika 40.** Spektrofotometar XRite Exact Advanced [25]

	<b>ORIGINAL</b>	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje
<b>L</b>	55.14	55.16	55.19	55.26
<b>a</b>	-36.67	-37.48	-36.93	-37.71
<b>b</b>	-49.65	-50.32	-50.01	-50.25
$\Delta E$		1.06	0.45	0.81

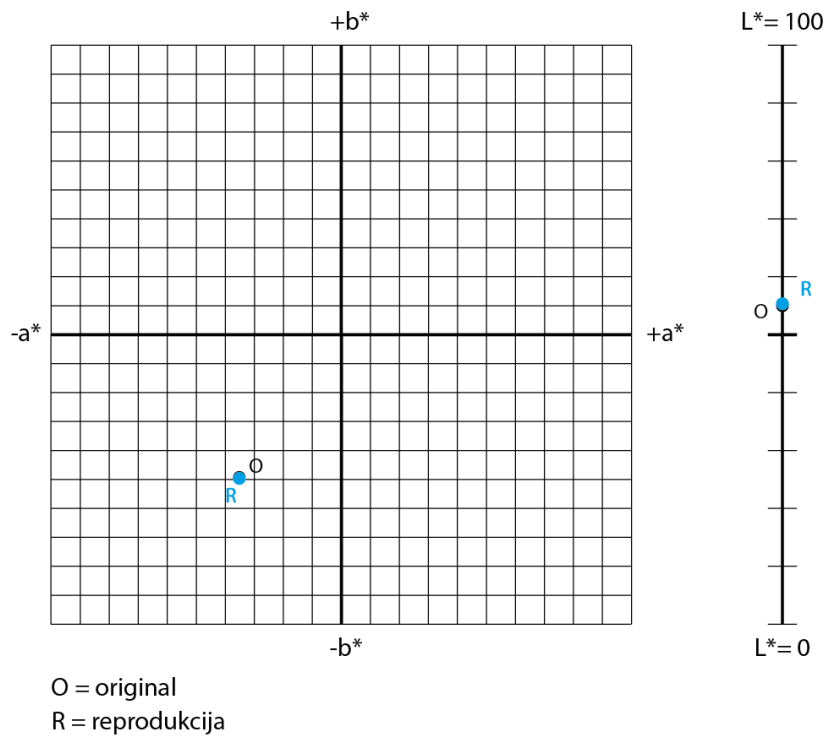
**Tablica 2.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje – Process Cyan

U tablici 2. su prikazane CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje Process Cyan, originala i reprodukcije. Prikazana su tri mjerenja tijekom tiska. Najveća razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 1. mjerenja ( $\Delta E$  1.06), a najmanja razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 2. mjerenja ( $\Delta E$  0.45), što je vrlo mala razlika.

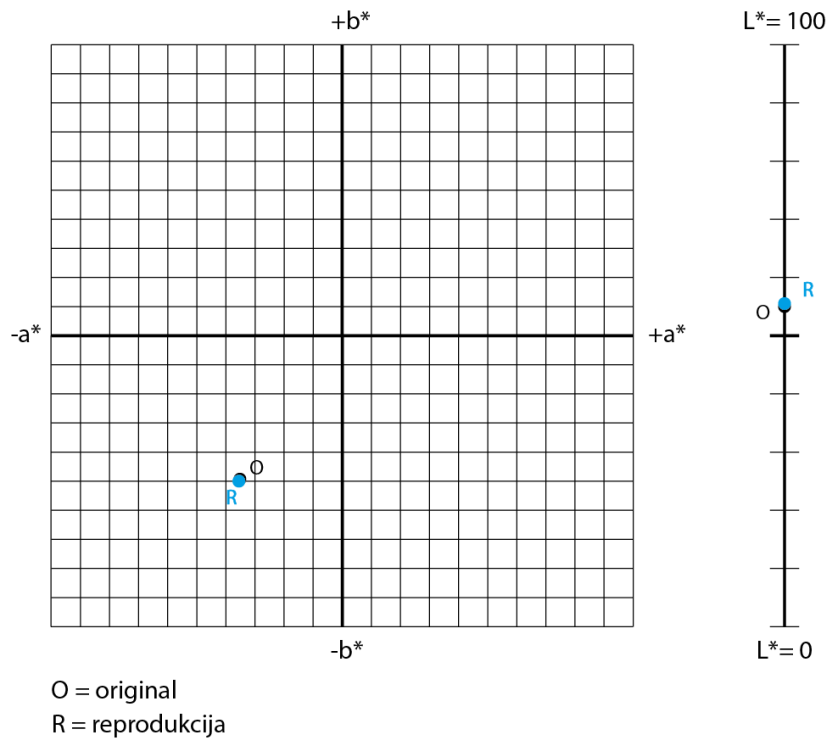
Na slikama od broja 41. do 43. prikazane su CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Cyan za tri mjerenja tijekom tiska.



**Slika 41.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Cyan - 1. mjerenje



**Slika 42.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Cyan - 2. Mjerenje



**Slika 43.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Cyan - 3. mjerenje

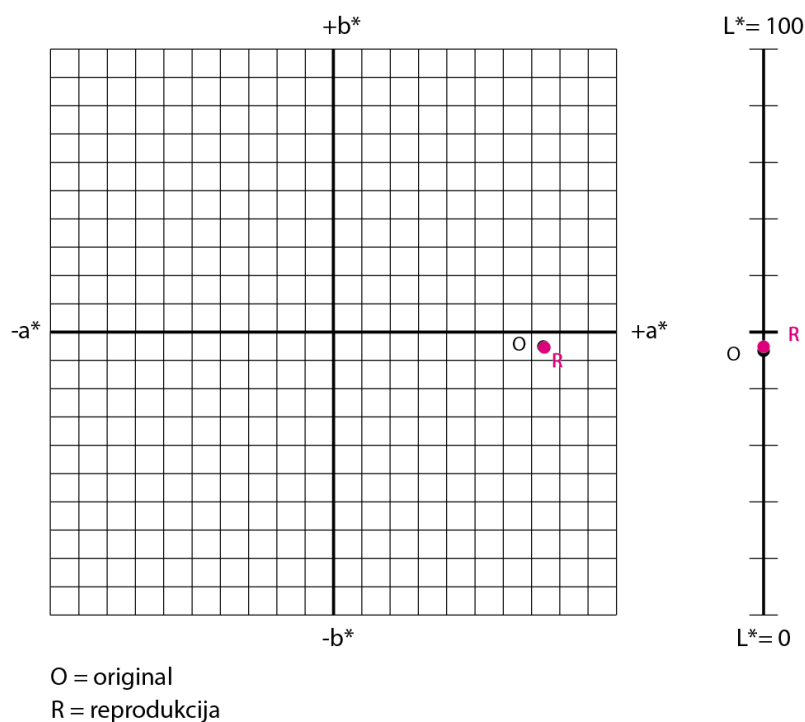


	<b>ORIGINAL</b>	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje
<b>L</b>	47.91	48.16	47.23	47.08
<b>a</b>	73.01	73.29	72.41	72.11
<b>b</b>	-4.87	-4.92	-4.10	-5.37
<b><math>\Delta E</math></b>		0.38	1.25	1.32

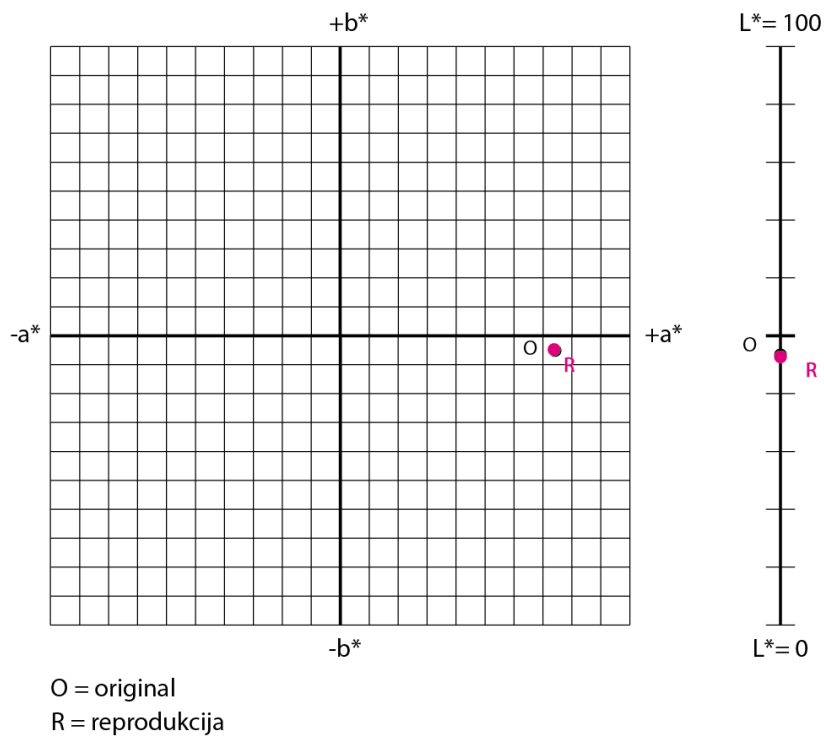
**Tablica 3.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje – Process Magenta

U tablici 3. su prikazane CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje Process Magenta, originala i reprodukcije. Prikazana su tri mjerenja tijekom tiska. Najveća razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 3. mjerenja ( $\Delta E$  1.32), a najmanja razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 1. mjerenja ( $\Delta E$  0.38), što je vrlo mala razlika.

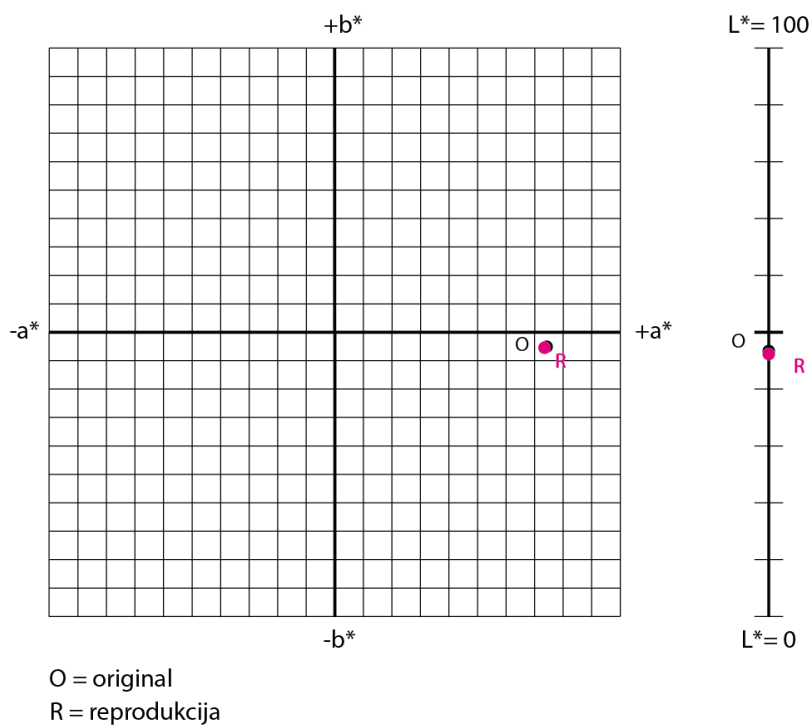
Na slikama od broja 44. do 46. prikazane su CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Magenta za tri mjerenja tijekom tiska.



**Slika 44.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Magenta-1.mjerenje



**Slika 45.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Magenta-2.mjerenje



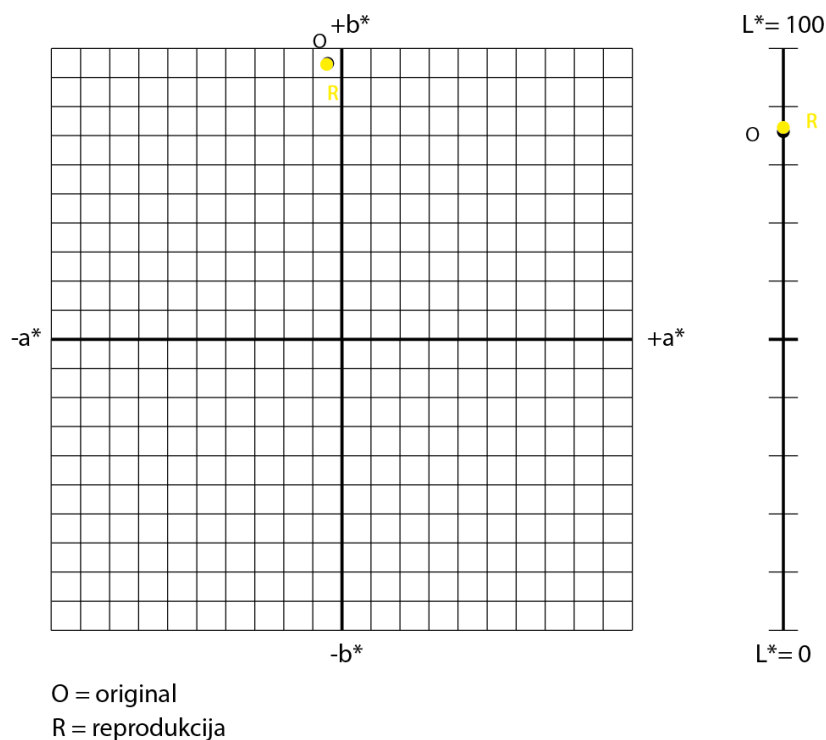
**Slika 46.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Magenta-3.mjerenje

	ORIGINAL	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje
<b>L</b>	86.26	87.49	86.77	87.90
<b>a</b>	-4.97	-5.37	-5.81	-4.13
<b>b</b>	94.06	93.51	94.79	95.31
$\Delta E$		1.74	1.56	1.82

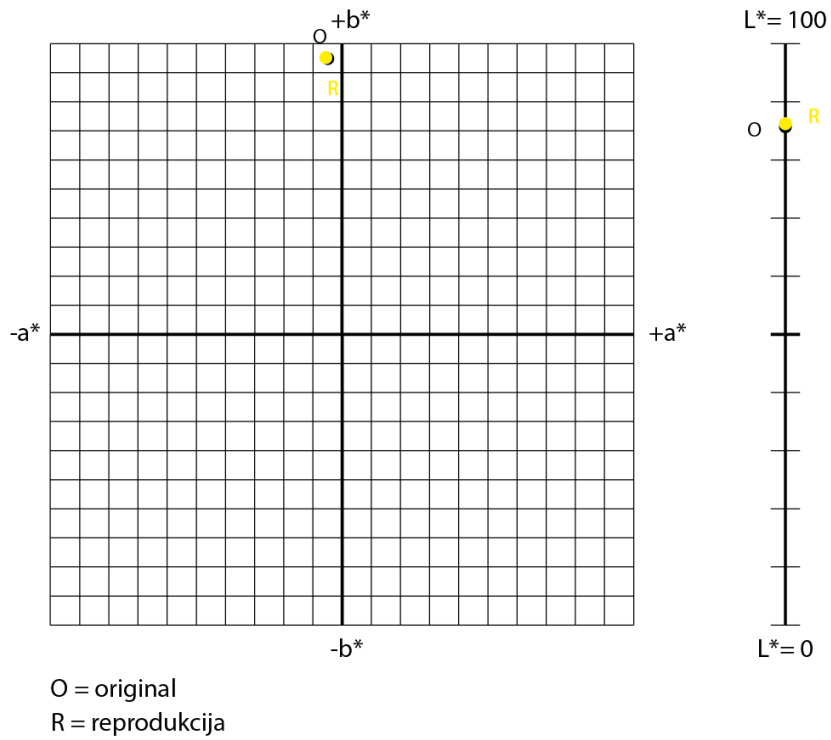
**Tablica 4.** CIE L\*a\*b vrijednosti boje – Process Yellow

U tablici 4. su prikazane CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje Process Yellow, originala i reprodukcije. Prikazana su tri mjerenja tijekom tiska. Najveća razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 3. mjerenja ( $\Delta E$  1.82), a najmanja razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 2. mjerenja ( $\Delta E$  1.56), što je mala razlika, i još uvijek u granici tolerancije.

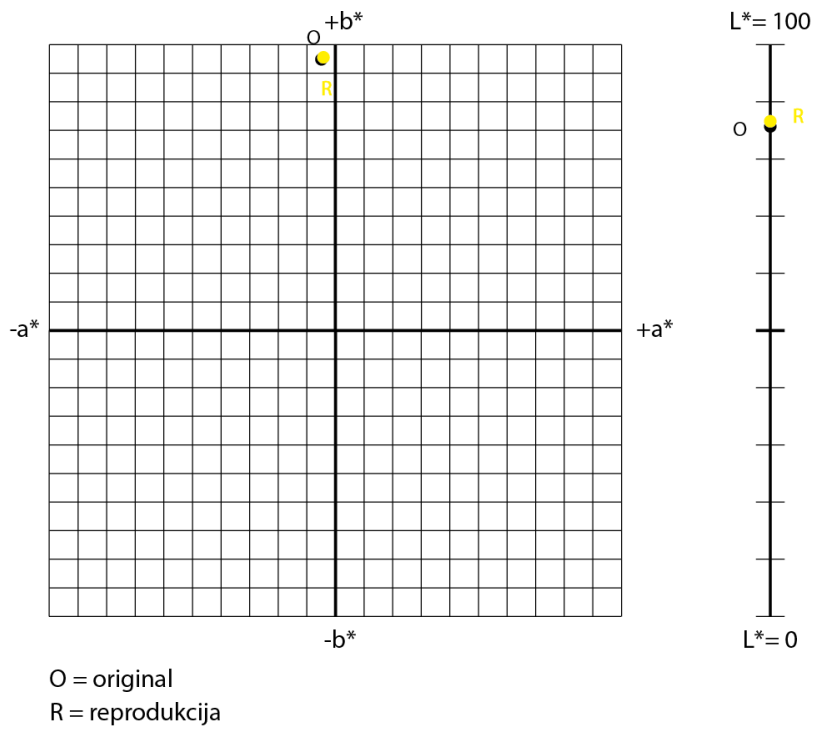
Na slikama od broja 47. do 49. prikazane su CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Yellow za tri mjerenja tijekom tiska.



**Slika 47.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Yellow - 1.mjerenje



**Slika 48.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Yellow - 2.mjerenje



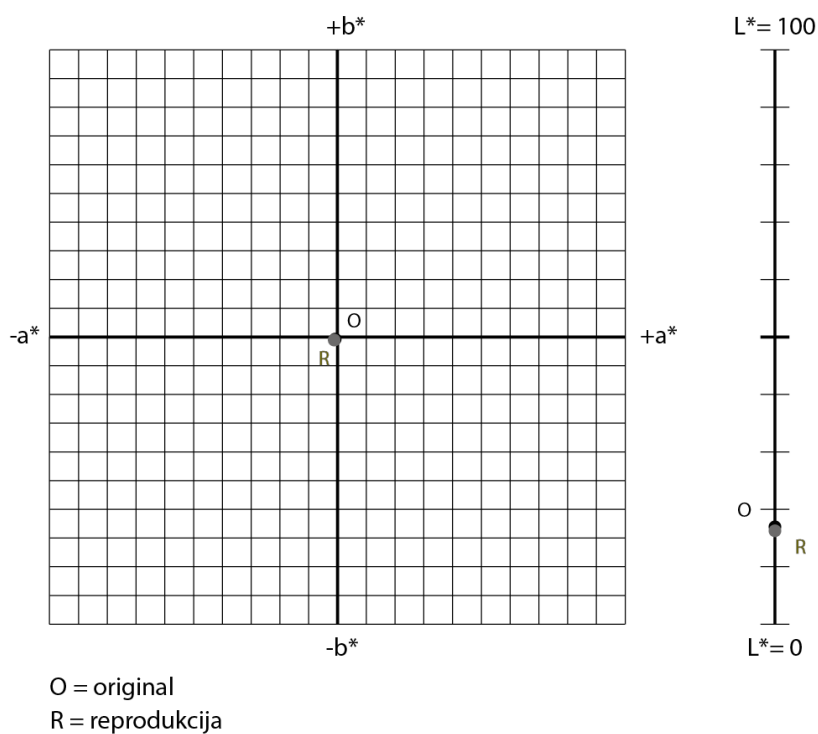
**Slika 49.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Yellow - 3.mjerenje

	<b>ORIGINAL</b>	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje
<b>L</b>	17.51	16.27	17.34	15.97
<b>a</b>	-0.10	-0.23	-0.38	-0.18
<b>b</b>	-0.35	-0.47	-0.26	-0.29
$\Delta E$		1.38	1.21	1.14

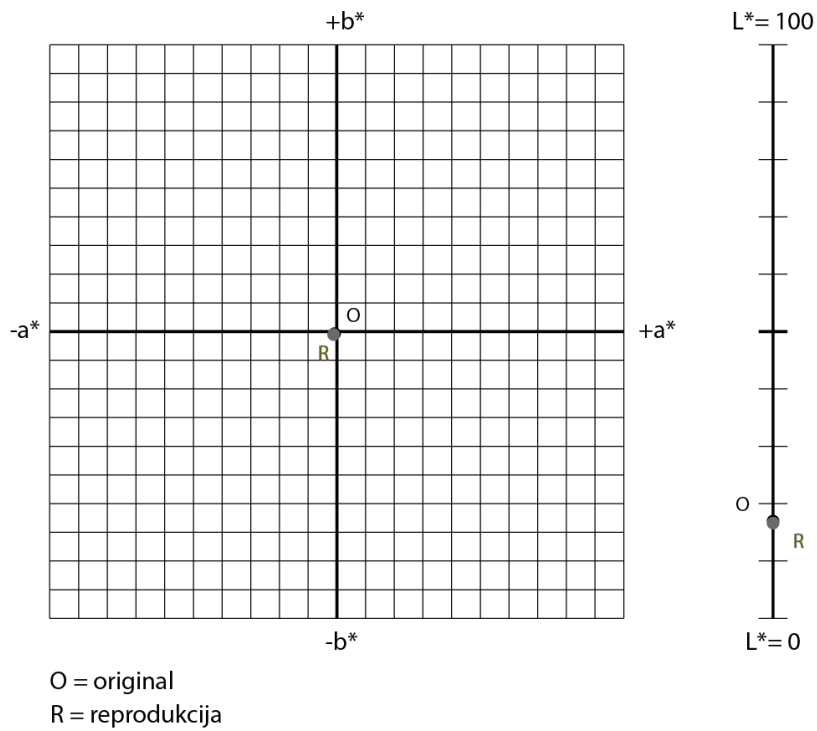
**Tablica 5.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje – Process Black

U tablici 5. su prikazane CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje Process Black, originala i reprodukcije. Prikazana su tri mjerenja tijekom tiska. Najveća razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 1. mjerenja ( $\Delta E$  1.38), a najmanja razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 3. mjerenja ( $\Delta E$  1.14), što je vrlo mala razlika.

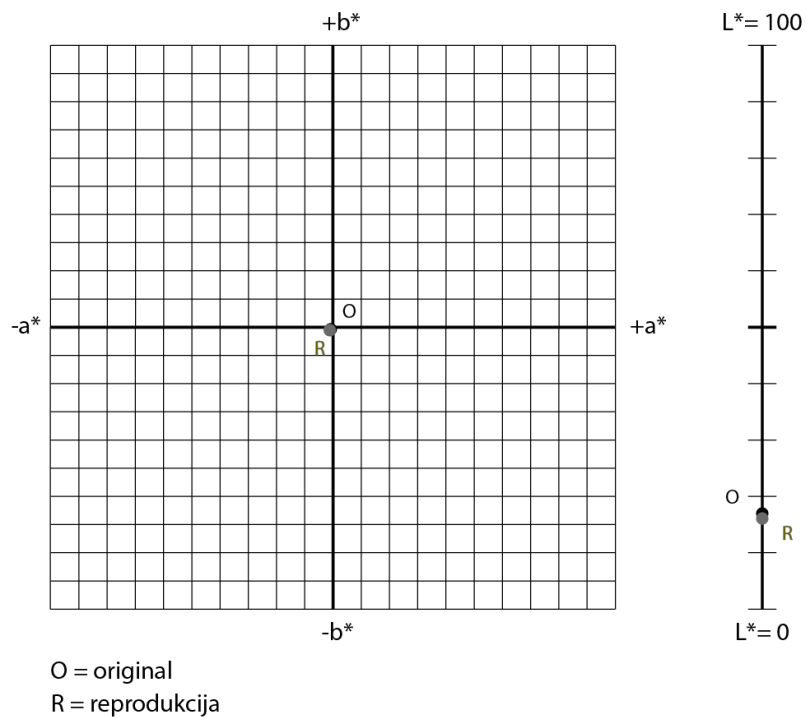
Na slikama od broja 50. do 52. prikazane su CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Black za tri mjerenja tijekom tiska.



**Slika 50.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Black - 1. mjerenje



**Slika 51.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Black - 2.mjerenje



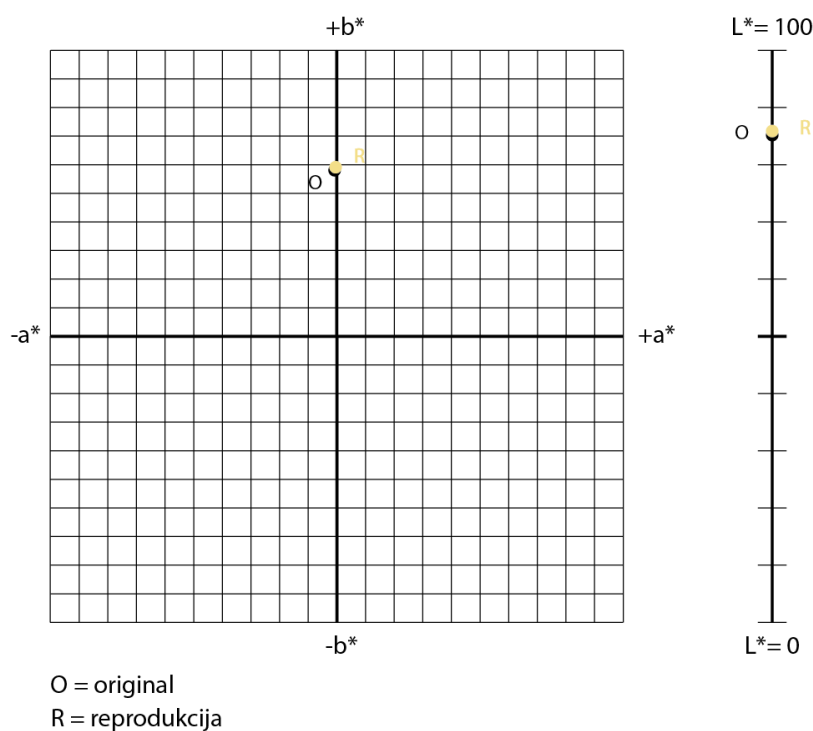
**Slika 52.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Black - 3.mjerenje

	<b>ORIGINAL</b>	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje
<b>L</b>	85.31	86.42	86.17	86.99
<b>a</b>	-0.70	-0.51	-0.32	-0.47
<b>b</b>	58.21	59.66	59.21	60.33
<b><math>\Delta E</math></b>		1.93	1.76	1.85

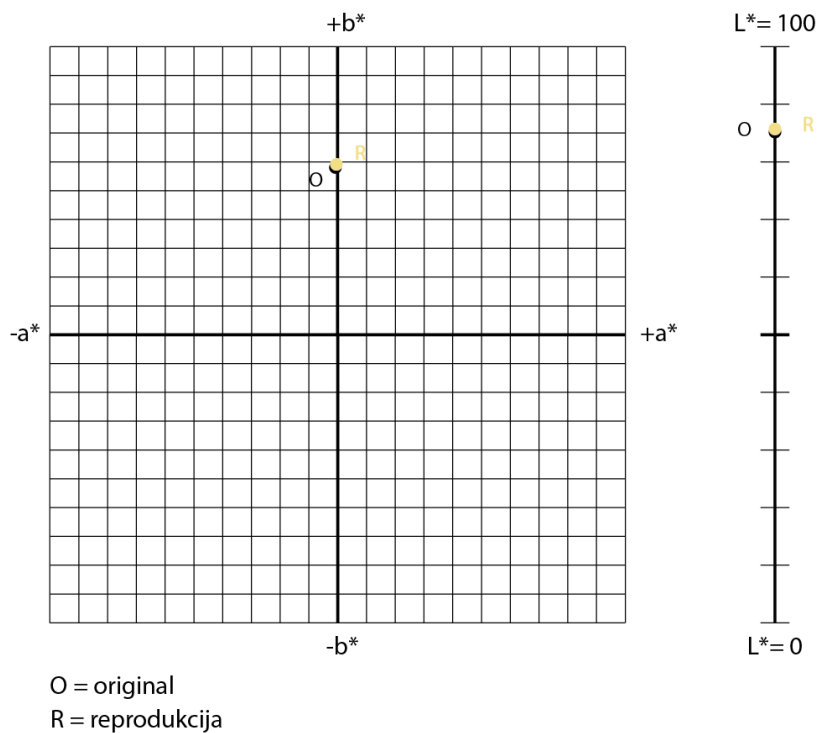
**Tablica 6.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje – Pantone 127

U tablici 6. su prikazane CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje Pantone 127, originala i reprodukcije. Prikazana su tri mjerenja tijekom tiska. Najveća razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 1. mjerenja ( $\Delta E$  1.93), a najmanja razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 2. mjerenja ( $\Delta E$  1.76), ali su i ove najmanje i najveće razlike u granici tolerancije.

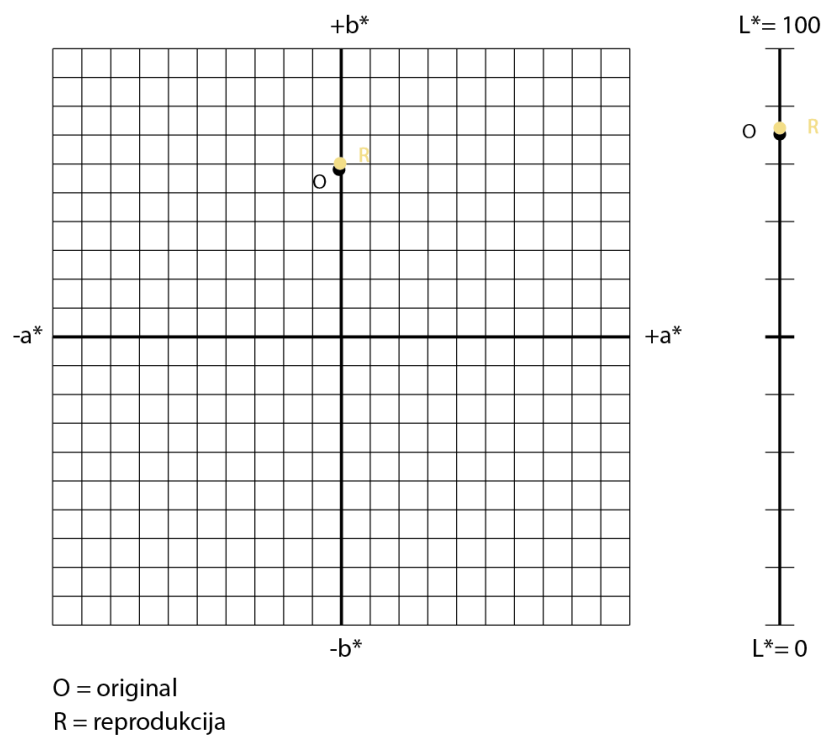
Na slikama od broja 53. do 55. prikazane su CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 127 za tri mjerenja tijekom tiska.



**Slika 53.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 127 - 1. mjerenje



**Slika 54.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 127 - 2.mjerenje



**Slika 55.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 127 - 3.mjerenje

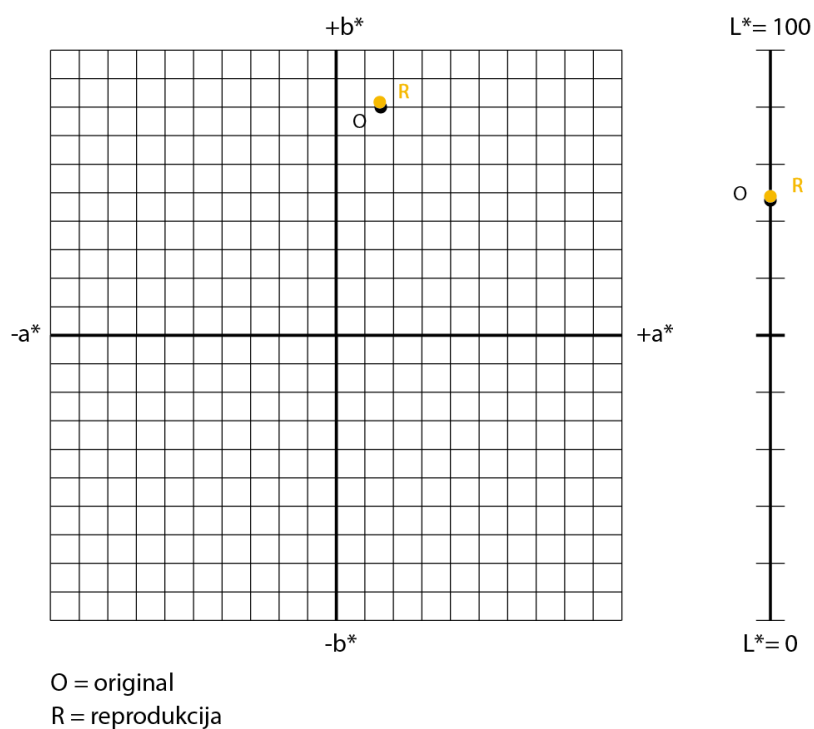


	<b>ORIGINAL</b>	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje
<b>L</b>	73.24	74.68	73.11	72.98
<b>a</b>	16.43	15.71	16.87	15.35
<b>b</b>	80.21	82.13	81.45	82.76
<b><math>\Delta E</math></b>		2.26	1.89	2.18

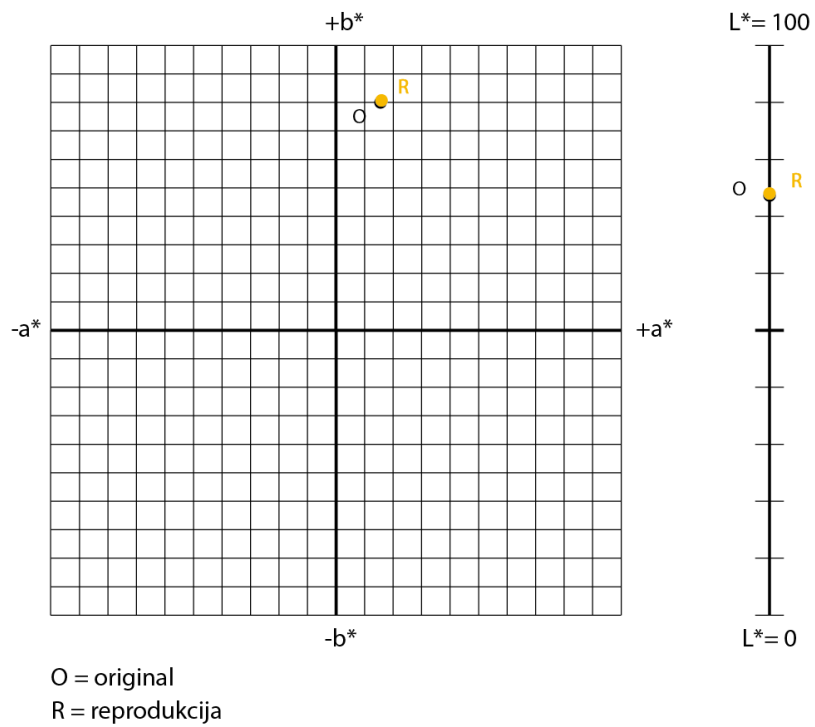
**Tablica 7.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje – Pantone 124

U tablici 7. su prikazane CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje Pantone 124, originala i reprodukcije. Prikazana su tri mjerenja tijekom tiska. Najveća razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 1. mjerenja ( $\Delta E$  2.26), a najmanja razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 2. mjerenja ( $\Delta E$  1.89), ali su i ove najmanje i najveće razlike u granici tolerancije.

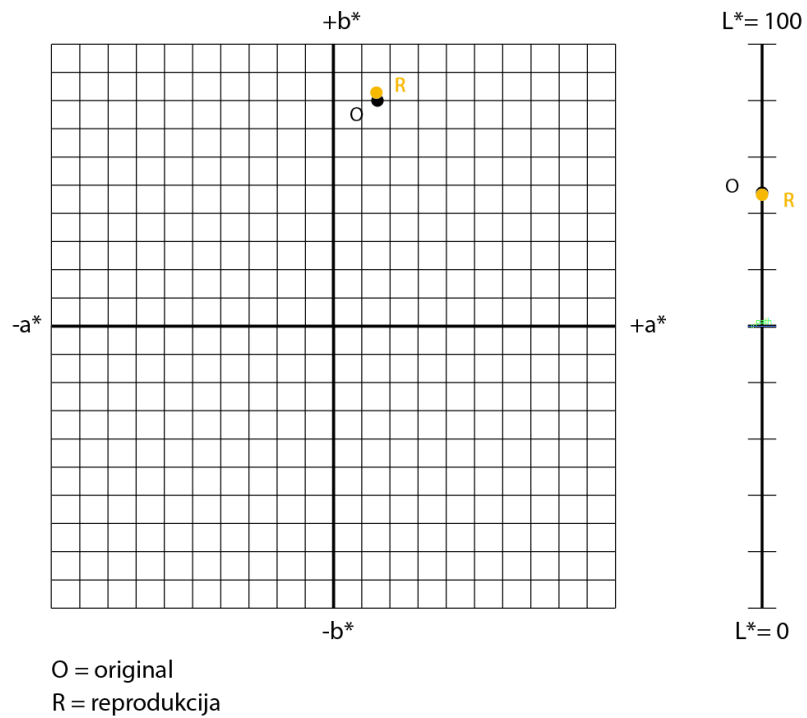
Na slikama od broja 56. do 58. prikazane su CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 124 za tri mjerenja tijekom tiska.



**Slika 56.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 124 - 1. mjerenje



**Slika 57.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 124 - 2.mjerenje



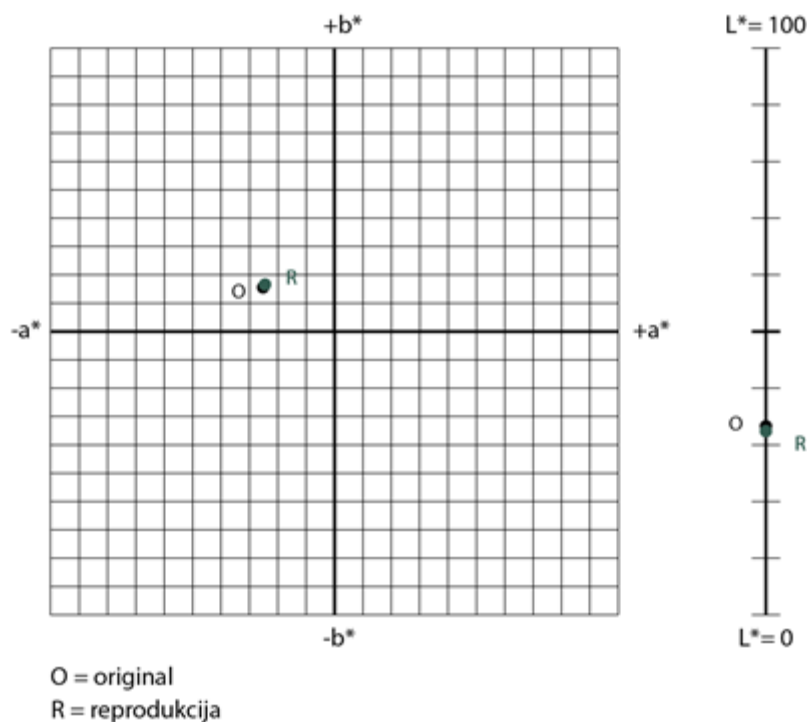
**Slika 58.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 124 - 3.mjerenje

	<b>ORIGINAL</b>	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje
<b>L</b>	32.92	31.12	33.48	33.91
<b>a</b>	-27.51	-26.88	-26.55	-27.15
<b>b</b>	17.12	18.65	16.67	17.87
<b><math>\Delta E</math></b>		1.87	1.20	1.45

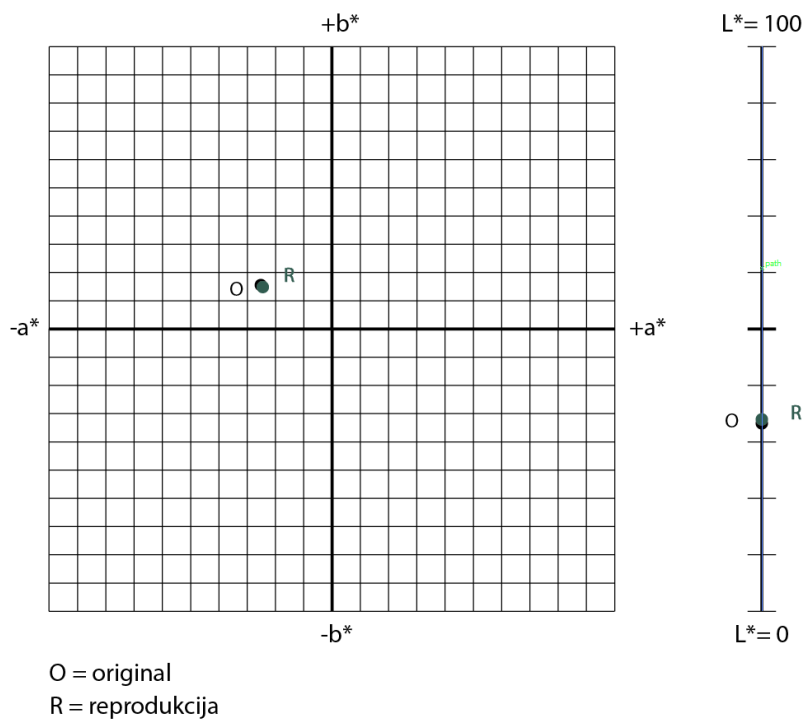
**Tablica 8.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje – Pantone 357

U tablici 8. su prikazane CIE L\*a\*b\* vrijednosti boje Pantone 357, originala i reprodukcije. Prikazana su tri mjerenja tijekom tiska. Najveća razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 1. mjerenja ( $\Delta E$  1.87), a najmanja razlika u vrijednosti otisnute boje reprodukcije i originala je kod 2. mjerenja ( $\Delta E$  1.20), ali su i ove najmanje i najveće razlike u granici tolerancije.

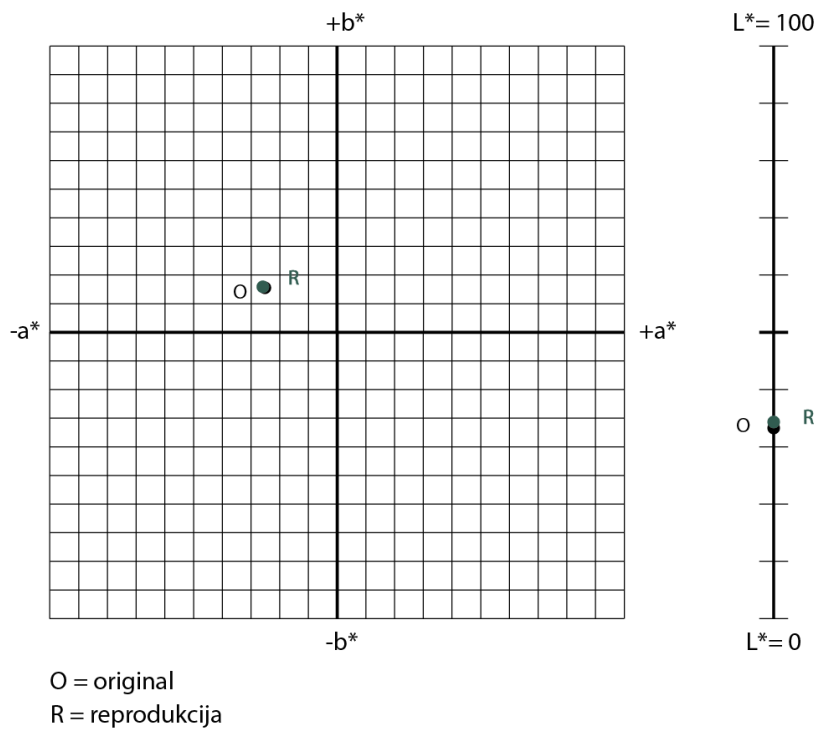
Na slikama od broja 59. do 61. prikazane su CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 357 za tri mjerenja tijekom tiska.



**Slika 59.** CIE L\*a\*b\* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 357 - 1. mjerenje



**Slika 60.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 357 - 2.mjerenje



**Slika 61.** CIE  $L^*a^*b^*$  vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 357 - 3.mjerenje

## 5. ZAKLJUČAK

S obzirom na sve veće zahtjeve kvalitete ambalaže, dizajn i kvaliteta tiska na ambalaži su zasigurno jedan od najvećih faktora koji utječu na krajnjeg kupca prilikom odabira određenog proizvoda. Već kod stvaranja dizajna, dizajner treba znati u kojoj tehnici tiska će se raditi tiskanje i time omogućiti lakšu i kvalitetniju pripremu za tisak. Grafička priprema je niz stručnih radnji pomoću kojih grafičko rješenje dovodimo do konačnog tiskanog proizvoda. Priprema je vrlo važan dio grafičkog posla. Da bi se kvalitetno obavila, potrebno je znanje i iskustvo o određenoj tehnici tiska i dorade proizvoda, kao i poznavanje karakteristika materijala od kojih se proizvod izrađuje ili na koji se tiska. Također, vrsta tiskovne forme, te postupci njezine izrade, bitno utječu na kvalitetu otiska.

Na temelju iznesenih činjenica i argumenata u ovom radu, može se zaključiti kako je fleksotisak trenutno najpogodnija tehnika tiska koja zadovoljava sve uvjete i razinu kvalitete koja se traži na tržištu ambalaže. Stalnim ulaganjem i novim znanjima, fleksotisak znatno napreduje, te daje vrhunske rezultate. Kako u strojeve za tisak, tako se ulaže i u tehnologije za pripremu i izradu tiskovnih formi, te se u svakom koraku u pripremi i izradi tiskovnih formi traže još bolja i kvalitetnija rješenja, koja bi kasnije kod otiska omogućila bržu i kvalitetniju reprodukciju, te ponovljivost i postojanost tokom reprodukcije, koja je temelj kvalitete.



IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim preispajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, ANDEJA KRUŠELJ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ŠARFIĆA ZAVRŠNA I ZAVRŠNA PISANJA I ZAVRŠNA PISANJA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

ANDEJA KRUŠELJ

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi izovranih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, ANDEJA KRUŠELJ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ŠARFIĆA ZAVRŠNA I ZAVRŠNA PISANJA (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

ANDEJA KRUŠELJ

(vlastoručni potpis)

## 6. LITERATURA

- [1] Bolanča S. (2013), Tisak ambalaže, Hrvatska sveučilišna naklada
- [2] Valdec Dean (2013), Utjecaj promjenjivih parametara fleksotiska na geometriju rasterskog elementa predotisnute tiskovne podloge, doktorski rad, Grafički fakultet Zagreb
- [3] [http://free-zg.t-com.hr/BlazSvilicic/PDF/GRAF\\_MAT\\_BOJE.pdf](http://free-zg.t-com.hr/BlazSvilicic/PDF/GRAF_MAT_BOJE.pdf), pristupljeno 6.05.2019.
- [4] <http://hrcak.srce.hr/file/127964>, pristupljeno 6.05.2019.
- [5] Page Crouch J. (2005). Flexography Primer, second edition, PIA/GATFPress, Pittsburg, USA
- [6] <https://www.indiamart.com/proddetail/anilox-roll-7543176530.html>, pristupljeno 17.05.2019.
- [7] <https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/motion-control-systems-and-solutions/motion-control-industry-solutions/printing-systems/pages/flexographic.aspx>, pristupljeno 18.05.2019.
- [8] Bolanča S., Golubović K. (2008), Tehnologija tiska od Gutenberga do danas, Senj
- [9] Gojo M., Mahović Poljaček S. (2013). Osnove tiskovnih formi, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet Zagreb
- [10] Thompson B. (2004), Printing Materials: Science and Tehnology, 2nd edition, Intype Libra, London, UK
- [11] <http://www.pharmapak.eu/partneri/hapa/laser-h500/>, pristupljeno 18.05.2019.
- [12] <http://www.dupont.com.au/products-and-services/printing-package-printing/flexographic-plate-making-systems/brands/cyrel/products/sub-products/cyrel-easy-ese.html>, pristupljeno 25.05.2019.
- [13] Cyrel® Plate Portfolio EMEA, <https://slideplayer.com/slide/4416529/>, pristupljeno 7.06.2019.
- [14] Olivera Brajnović (2011), Prilagodba izrade fotopolimerne tiskovne forme novim kvalitativnim zahtjevima, magistarski rad, Grafički fakultet Zagreb
- [15] <http://grafx.ba/index.php teme/stampa-tisak/90-raster-kao-osnova-graficke-reprodukcije-i-dio>, pristupljeno 10.06.2019.
- [16] [http://repro.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf](http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf), pristupljeno 10.06.2019.

[17]

[https://mediencommunity.de/system/files/rastertechnologie%20pr%C3%A4si%20a4\\_0.pdf](https://mediencommunity.de/system/files/rastertechnologie%20pr%C3%A4si%20a4_0.pdf)

Pristupljeno 15.06.2019.

[18] <http://the-print-guide.blogspot.com/2009/05/halftone-screen-angles.html>, pristupljeno 15.06.2019.

[19] [https://www.dupont.com/content/dam/assets/products-and-services/printing-package-printing/Pg/assets/NA/EDS-NA0035-EN\\_Cyrel\\_DigiFlow\\_1000\\_ECLF-p.pdf](https://www.dupont.com/content/dam/assets/products-and-services/printing-package-printing/Pg/assets/NA/EDS-NA0035-EN_Cyrel_DigiFlow_1000_ECLF-p.pdf), pristupljeno 15.06.2019.

[20] <https://www.esko.com/en/products/digital-flexo-platemaking/cdi/models>, pristupljeno 15.06.2019.

[21] <http://shtark.su/concept-405dw.html>, pristupljeno 15.06.2019.

[22] <https://muraplast.com/proizvodi/ldpe-filmovi/termoskupljajuci-filmovi/>, pristupljeno 20.06.2019.

[23] [http://colorapplications.com/2018/09/14/17/03/30/241/color-measurement/cas\\_km/what-is-cie-lab-color-space/](http://colorapplications.com/2018/09/14/17/03/30/241/color-measurement/cas_km/what-is-cie-lab-color-space/), pristupljeno 20.06.2019.

[24] <https://www.xrite.com/blog/lab-color-space>, pristupljeno 20.06.2019.

[25] <https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact-advanced>, pristupljeno 20.06.2019.



## 7. POPIS SLIKA

<b>Slika 1.</b> Sustav za obojenje s komornim rakelom .....	4
<b>Slika 2.</b> Aniloks valjak.....	9
<b>Slika 3.</b> Stroj s centralnim tiskovnim cilindrom.....	11
<b>Slika 4.</b> Stroj građen u obliku tornja.....	12
<b>Slika 5.</b> Stroj u liniji.....	13
<b>Slika 6.</b> Presjek polimerne tiskovne forme.....	15
<b>Slika 7.</b> Gumene tiskovne forme za fleksotisak.....	16
<b>Slika 8.</b> Tiskovne forme od čvrstog polimera.....	17
<b>Slika 9.</b> Presjek tiskovne forme s LAMS slojem.....	18
<b>Slika 10.</b> Konvencionalni postupak izrade tiskovnih formi.....	19
<b>Slika 11.</b> Radni tok s CtP postupkom.....	20
<b>Slika 12.</b> Raster tonske vrijednosti (RTV).....	21
<b>Slika 13.</b> Vrste rasterskih elemenata.....	22
<b>Slika 14.</b> Amplitudno modulirani raster (AM raster).....	23
<b>Slika 15.</b> Frekventno modulirani raster (FM raster).....	24
<b>Slika 16.</b> Hibridni raster .....	25
<b>Slika 17.</b> Kutevi rastera za CMYK.....	26
<b>Slika 18.</b> Ulazni file PAN Radler.....	28
<b>Slika 19.</b> Ulazni file CMYK.....	29
<b>Slika 20.</b> Ulazni file Pantone boje.....	30
<b>Slika 21.</b> Usporedba ulaznog i obrađenog file-a u CMYK-u.....	31
<b>Slika 22.</b> Usporedba ulaznog i obrađenog file-a u Pantone bojama.....	32

<b>Slika 23.</b> Usporedba ulaznoga i obrađenog file-a limenke.....	33
<b>Slika 24.</b> Usporedba ulaznoga i obrađenog file-a kompletnog grafičkog rješenja.....	34
<b>Slika 25.</b> Prikaz rastriranog segmenta grafičkog rješenja.....	35
<b>Slika 26.</b> Separat Cyan.....	36
<b>Slika 27.</b> Separat Magenta.....	36
<b>Slika 28.</b> Separat Yellow.....	37
<b>Slika 29.</b> Separat Black.....	37
<b>Slika 30.</b> Separat Pantone 124 C.....	38
<b>Slika 31.</b> Separat Pantone 127 C.....	38
<b>Slika 32.</b> Separat Pantone 357 C.....	39
<b>Slika 33.</b> Separat White.....	39
<b>Slika 34.</b> Dupont Cyrel Fast 1000 ECLF.....	40
<b>Slika 35.</b> Esko CDI Spark 4260.....	41
<b>Slika 36.</b> Ploča nakon predekspozicije i ploča sa segmentno uklonjenim LAMS slojem...	41
<b>Slika 37.</b> Concept 405 DW.....	42
<b>Slika 38.</b> Uteco Diamond.....	43
<b>Slika 39.</b> CIE L*a*b* prostor boja.....	44
<b>Slika 40.</b> Spektrofotometar XRite Exact Advanced.....	44
<b>Slika 41.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Cyan – 1. mjerjenje.....	45
<b>Slika 42.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Cyan – 2. mjerjenje.....	46
<b>Slika 43.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Cyan – 3. mjerjenje.....	46

<b>Slika 44.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Magenta – 1. mjerjenje.....	47
<b>Slika 45.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Magenta – 2. mjerjenje.....	48
<b>Slika 46.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Magenta – 3. mjerjenje.....	48
<b>Slika 47.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Yellow – 1. mjerjenje.....	49
<b>Slika 48.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Yellow – 2. mjerjenje.....	50
<b>Slika 49.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Yellow – 3. mjerjenje.....	50
<b>Slika 50.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Black – 1. mjerjenje.....	51
<b>Slika 51.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Black – 2. mjerjenje.....	52
<b>Slika 52.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Process Black – 3. mjerjenje.....	52
<b>Slika 53.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 127 – 1. mjerjenje.....	53
<b>Slika 54.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 127 – 2. mjerjenje.....	54
<b>Slika 55.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 127 – 3. mjerjenje.....	54
<b>Slika 56.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 124 – 1. mjerjenje.....	55

<b>Slika 57.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 124 – 2. mjerjenje.....	56
<b>Slika 58.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 124 – 3. mjerjenje.....	56
<b>Slika 59.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 357 – 1. mjerjenje.....	57
<b>Slika 60.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 357 – 2. mjerjenje.....	58
<b>Slika 61.</b> CIE L*a*b* vrijednosti originala i reprodukcije za boju Pantone 357 – 3. mjerjenje.....	58

## 8. POPIS TABLICA

<b>Tablica 1.</b> Usporedba bojila na bazi vode i na bazi organskih otapala .....	7
<b>Tablica 2.</b> CIE L*a*b* vrijednosti boje – Process Cyan.....	45
<b>Tablica 3.</b> CIE L*a*b* vrijednosti boje – Process Magenta.....	47
<b>Tablica 4.</b> CIE L*a*b* vrijednosti boje – Process Yellow.....	49
<b>Tablica 5.</b> CIE L*a*b* vrijednosti boje – Process Black.....	51
<b>Tablica 6.</b> CIE L*a*b* vrijednosti boje – Pantone 127.....	53
<b>Tablica 7.</b> CIE L*a*b* vrijednosti boje – Pantone 124.....	55
<b>Tablica 7.</b> CIE L*a*b* vrijednosti boje – Pantone 357.....	57