

Utjecaj tvrdoće montažne trake za polimerne ploče na kvalitetu reprodukcije u fleksotisku

Mihalec, Pavao

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:573803>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-26**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR KOPRIVNICA



DIPLOMSKI RAD br. 41/ARZO/2022

**Utjecaj tvrdoće montažne trake za
polimerne ploče na kvalitetu reprodukcije
u fleksotisku**

Pavao Mihalec

Koprivnica, srpanj, 2022.

SVEUČILIŠTE SJEVER

SVEUČILIŠNI CENTAR KOPRIVNICA

Studij Ambalaža, recikliranje i zaštita okoliša



DIPLOMSKI RAD br. 41/ARZO/2022

**Utjecaj tvrdoće montažne trake za
polimerne ploče na kvalitetu reprodukcije
u fleksotisku**

Student:

Pavao Mihalec, 2586/336

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Dean Valdec

Koprivnica, srpanj, 2022.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Ambalaža, recikliranje i zaštita okoliša		
PRISTUPNIK	Pavao Mihalec	MATIČNI BROJ	0068217538
DATUM	30.06.2022.	KOLEGIJ	Tisak i oplemenjivanje ambalaže
NASLOV RADA	Utjecaj tvrdoće montažne trake za polimerne ploče na kvalitetu reprodukcije u fleksotisku		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	The influence of the hardness of the mounting tape for polymer plates on the print quality in flexography		
MENTOR	dr.sc. Dean Valdec	ZVANJE	izvanredni profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. izv.prof.dr.sc. Krunoslav Hajdek, predsjednik 2. izv.prof.dr.sc. Dean Valdec, mentor 3. izv.prof.dr.sc. Petar Miljković, član 4. prof.dr.sc. Božo Smoljan, zamjenski član 5.		

Zadatak diplomskog rada

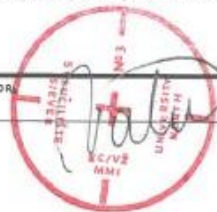
BROJ	41/ARZO/2022
OPIS	<p>Ovaj rad istražuje pitanja vezana uz kvalitetu rasterske reprodukcije i punog tona u fleksotisku pod utjecajem različite tvrdoće ljepljive trake za montažu polimernih ploča. Eksperimentalni dio sastoji se od izrade otiska testne forme u kombinaciji pet tvrdoća montažne trake te dvije tvrdoće polimerne ploče na LDPE filmu pomoću solventnog cijan bojila. Na otiscima je potrebno izmjeriti gustoću obojenja i prirast RTV te grafički prikazati rezultate mjerenja. U analizi rezultata treba usporediti kvalitetu tiska na otiscima za sve kombinacije promjenjivih parametra u tisku te odrediti kako utječu na optimizaciju proizvodnog procesa.</p> <p>U radu je potrebno:</p> <ul style="list-style-type: none">— Teoretski opisati cjelokupni proces fleksotiska te pojedinačne faktore koji utječu na kvalitetu tiska— Definirati koncept istraživanja utjecaja tvrdoće montažne trake na kvalitetu tiska u fleksotisku— Izraditi testne otiske u fleksotisku sukladno definiranim promjenjivim parametrima tisk. procesa— Izvršiti denzitometrijska mjerenja na otiscima: gustoća obojenja, prirast RTV— Analizirati i grafički prezentirati utjecaj tvrdoće montažne trake polimernih ploča na kvalitetu reprodukcije— Iznijeti zaključak

ZADATAK URUČEN

5.7.2022.

POTPIS MENTOR

SVEUČILIŠTE
SJEVER



ZAHVALA

Zahvaljujem mentoru izv.prof. dr. sc. Deanu Valdecu na prenesenom znanju, podršci i stručnim savjetima tijekom pisanja diplomskog rada. Svojim entuzijastičnim pristupom području tiska dodatno me zainteresirao za to područje. Hvala svim profesorima i djelatnicima Sveučilišta Sjever, kolegama i prijateljima.

Zahvaljujem svojoj firmi Muraplast d.o.o što mi je omogućila izradu eksperimentalnog dijela rada. Zahvaljujem svome voditelju tiska Nini Jambrošiću koji mi je svojom pristupačnošću olakšao studentski put. Također, zahvaljujem mu na stručnoj pomoći oko izrade diplomskog rada.

Veliko hvala mojoj obitelji, supruzi Ani, sinu Grguru i kćerki Zori što su mi bili iznimna podrška i uvijek puni razumijevanja. Zahvaljujem supruzi Ani na pruženoj potpori i motivaciji te vjeri u mene i moje sposobnosti.

Hvala mojim roditeljima i bližnjima što su vjerovali u mene tijekom studentskog puta te me motivirali na rad i konstantno pružali podršku.

Uz sve vas, moj studentski put je bio lakši i ljepši. Hvala vam!

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	FLEKSOTISAK	2
2.1	Povijest fleksotiska	2
2.2	Princip rada fleksotiska	2
2.3	Konstruktivska izvedba strojeva za fleksotisak	4
2.4	Prednosti i nedostaci fleksotiska	6
2.4.2	Prednosti fleksotiska	7
2.5	Sustavi za obojenje	8
2.5.1	Sustav za obojenje s klasičnim rakelom	10
2.5.2	Sustav za obojenje s komornim rakelom	11
2.6	Višebojna reprodukcija	12
3.	BOJILA ZA FLEKSOTISAK	14
3.1	Bojila na bazi vode	15
3.2	Bojila na bazi organskog otapala	16
3.3	Ultraviolet (UV) i Electron beam (EB) bojila	18
3.3.1	Ultraviolet (UV) bojila	18
3.3.2	Electron beam (EB) bojila	20
4.	ANILOKS VALJAK	22
4.1	Linijatura aniloks valjka	23
4.2	Volumen aniloks valjka	24
4.3	Izrada aniloks valjka	25
4.4	Graviranje aniloks valjka	26
5.	TISKARSKA PLOČA	30
5.1	Gumene tiskarske ploče	32
5.2	Fotopolimerne tiskarske ploče	33

5.2.1 Tekuća fotopolimerna ploča (eng. Liquid plates).....	33
5.2.3 Fotopolimerna ploča u arku (eng. Sheet plates)	34
5.3 Konvencionalni postupak izrade tiskarske ploče	36
5.4 Digitalni postupak izrade tiskarske ploče.....	37
6. MONTAŽNA TRAKA	39
7. RASTRIRANJE I RASTERSKE TEHNOLOGIJE.....	41
7.1 Klasifikacija rastera	41
7.1.1 Amplitudno modulirani raster.....	41
7.2 Kutovi rastera	45
8. DEFORMACIJE RASTERSKIH ELEMENATA	46
9. EKSPERIMENTALNI DIO.....	49
9.1 Metodologija i plan istraživanja	49
10. REZULTATI I DISKUSIJA	54
11. ZAKLJUČAK	65
LITERATURA.....	69
POPIS SLIKA:	73
POPIS TABLICA.....	77

SAŽETAK

U današnje vrijeme fleksotisak se nametnuo kao tehnika tiska broj jedan u svijetu tiskarske industrije. U samim počecima fleksotisak nije smatran kvalitetnom tiskarskom tehnikom. Ipak, tijekom godina njegova kvaliteta je rasla te je postajao sve zastupljeniji u tiskarskoj industriji. Konstantnim unapređivanjem tehnologije i inovacijama kvaliteta proizvoda koju fleksotisak može isporučiti je značajno napredovala. Izrazito veliku primjenu ima kod tiska ambalažnih materijala, etiketa, papira, filmova te raznih folija. Proces tiska sastoji se od mnogo segmenata koji moraju biti precizno i kvalitetno odrađeni kako bi krajnji proizvod zadovoljio kupca.

Kroz teoretski dio rada, čitatelj se može upoznati sa segmentima koji čine fleksotisak. Od principa rada, sustav za obojenje, bojila, tiskovnih ploča, rastriranja, graviranja aniloks valjaka, montažnih traka pa do deformacija koje se javljaju prilikom tiska.

Ekperimentalni dio rada sastoji se od istraživanja dva parametra. Ispituje se kako određena tvrdoća montažne trake u kombinaciji s određenom tvrdoćom tiskarske ploče utječe na gustoću obojenja (eng. Density) te na prirast raster tonske vrijednosti, RTV-a. Istraživanje se vrši na LDPE podlozi. Prilikom istraživanja koriste se dvije tiskarske ploče proizvođača DuPont - Cyrel Easy ESE i Cyrel Easy DPR. Tiskarske ploče montirane na temeljne cilindre u kombinaciji s pet različitih tvrdoća montažnih traka. Mjerenje u svrhe istraživanja odrađeno je pomoću uređaja X-Rite eXacta advanced, koji je ujedno spektrofotometar i denzitometar. Dobiveni rezultati prikazani su pomoću grafova i tablica.

Ključne riječi: tisak, fleksotisak, kvaliteta, tvrdoća, gustoća obojenja, prirast

ABSTRACT

In the contemporary printing industry flexography has become the number one printing technique worldwide. In its beginning it wasn't considered a quality printing technique, but through time its quality developed and it became increasingly present in the printing industry.

The quality of products that flexography can produce has notably advanced by constant technology improvements and various innovations. It is greatly used for printing packaging materials, labels, papers, films and various foils. The printing process consists of many segments that need to be precise and of good quality for the buyer to be satisfied with the final product.

In the theoretical part of this paper the reader is introduced to the segments of flexography: from the work principle, density system, dyes, TISKOVNIH PLOČA, raster process, anilox rollers GRAVING, mounting tapes for printing plates, to the deformations that appear while printing.

The experimental part of this paper researches two parameters – the way a certain mounting tape for printing plates hardness combined with a certain printing plate hardness influences the density and raster tone value (RTV). The research is done on LDPE printing base and uses two DuPont printing plates - Cyrel Easy ESE i Cyrel Easy DPR. Printing plates are mounted on plate cylinder combined with five mounting tapes for printing plates of various hardness. Research measurements were done by X-Rite eXacta advanced – both a spectrophotometer and a densitometer. The results are shown in graphs and tables.

Keywords: print, flexography, quality, hardness, density, increase

1. UVOD

Tisak, kao pojam u današnjem svijetu, možda ne dobiva potpuno značenje jer ljudi koji nisu direktno povezani s industrijom ne vide cjelokupnu sliku industrije. Materijalni svijet okružen je raznim vrstama tiska, od uobičajenih novina ili knjiga do ukrasne šalice s Vašim imenom iz koje ispijate kavu svaki dan. Industrija tiska je globalna, raširena i prisutna. Tisak je tehnologija promjene koja evoluirala iz dana u dan i koristi sve dobrobiti razvoja raznih industrija, od informacijskih do kemijskih te sve to ulaže u daljnji razvoj. U sveukupnoj industriji, posljednjeg desetljeća ime fleksotisak dolazi u najvišu sferu zanimanja. Tehnika tiska koja je prije 20-30 godina bila smatrana manje kvalitetnom, danas se smatra vodećom tehnikom tiskarske industrije. Fleksotisak se koristi za tisak raznih proizvoda u ambalažnoj industriji. Iznimno je popularan za tisak ambalažnih proizvoda za prehrambenu industriju. Omjer cijene, kvalitete i brzine tiska je iznimno zadovoljavajući. Može se zaključiti kako je fleksotisak ubrao plodove razvoja svih industrija vezanih uz tiskarsku industriju. Unaprijedio je svoju kvalitetu do te mjere da je postao vodeća tehnika tiska. Godine koje slijede biti će uzbudljive za fleksografsko tržište. Unutar ove tiskarske grane očekuje se daljnja ekspanzija te tehnološki napredak. Konstantnim napredovanjem tehnologije, unapređivanjem strojeva za tisak, bojila, aniloks valjaka, tiskovnih ploča, montažnih traka kvaliteta tiska u konstantnom je rastu. Primjenom tiskarskih ploča koje su izrađene pomoću modernih tehnologija kao što je Computer to plate (CtP) omogućuje se kvalitetan otisak finih rasterskih elemenata. Razvojem te primjenom ultraviolet (UV) i electron beam (EB) bojila doprinijelo se manje štetnom utjecaju na zdravlje zaposlenika te na okoliš. Montažne trake također su bitan segment procesa tiska. Njihovim pravilnim odabirom te kombinacijom s tiskarskom pločom znatno se utječe na kvalitetu otiska.

2. FLEKSOTISAK

2.1 Povijest fleksotiska

Prvi fleksotiskarski stroj patentiran je 1890. godine u Liverpoolu osmišljen od strane Bibby, Baron and Sons. Na tom stroju su po prvi puta korištene gumene tiskovne forme. U prošlosti fleksotisak je nosio naziv anilinski tisak. Taj naziv dobio je zbog toga što se anilinsko ulje koristilo u pripremi boje za tisak. Sintetski materijali zamijenili su gumu te su se počeli primjenjivati za izradu tiskovnih ploča. Također, kod pripreme bojila sve manje se koristilo i anilinsko ulje koje je s vremenom potpuno nestalo iz upotrebe. [1]

Može se zaključiti da je izbacivanju anilinskog ulja iz upotrebe pridonijelo i to što je otrovno, a fleksotisak se često koristi za tisak ambalaže hrane.

Bez obzira na razvoj u proizvodnji novih tiskarskih bojila, naziv anilinski tisak zadržao se do 1951. godine. Naziv fleksotisak u primjenu je stupio 1952. godine. [2] Pošto su tiskovne forme kod fleksotiskarskih strojeva relativno mekane, fleksotisak je odličan, ako ne i jedini, izbor za tisak na manje kvalitetne tiskovne podloge [3].

Godina 1974. može se smatrati velikom u razvoju fleksotiska zbog inovacije kompanije „DuPont“. Te godine predstavljena je prva Cyrel fotopolimerna tiskarska ploča. Razvoj tiskarskih ploča, bojila i unapređenje strojeva za tisak postupno omogućuje kvalitetnije otiskivanje ambalaže. Kako je rasla ekološka svijest 80-tih godina 20. stoljeća, tako se sve više pažnje davalo bojilima u fleksotisku. U tom razdoblju došlo je do razvoja bojila na bazi vode koja su ekološki prihvatljivija. Zbog sve većeg udjela u tisku ambalaže fleksotisak se često naziva i ambalažni tisak. [4]

Kroz dugi niz godina fleksotisak se konstantno razvijao. Od bojila, preko tiskovnih ploča pa sve do samih strojeva fleksotisak je doživljavao niz unapređenja. Kontinuiranim razvojem fleksotisak je danas postao jedna od najzastupljenijih tehnika tiska. Postaje sve popularniji odabir kada se govori o tisku raznih ambalažnih proizvoda. Iz godine u godinu tržišni udio fleksotisaka raste.

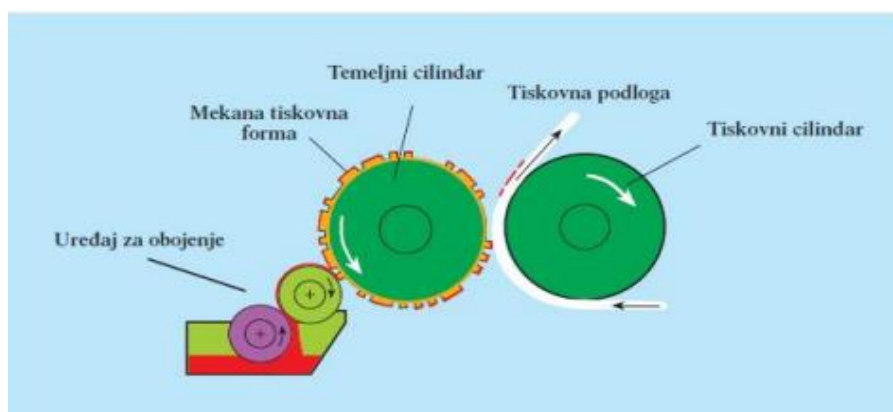
2.2 Princip rada fleksotiska

Fleksotisak spada u tiskarske tehnike visokog tiska. Kod njega se primjenjuje princip izravnog otiskivanja slika 2.1. Princip izravnog otiskivanja znači da su tiskarska ploča i podloga u međusobnom kontaktu prilikom tiska [5]. Tiskarska ploča nalazi se na temeljnom

cilindru. Bojilo se do tiskarske ploče prenosi putem aniloks valjka. Aniloks valjak se smatra temeljnim dijelom fleksotiska. Višak bojila s aniloks valjka skida se pomoću rakel noževa, metalnih ili plastičnih. Prestalo bojilo unutar čašica aniloks valjka prenosi se na tiskovne površine tiskarske ploče. Tiskovne površine izdignute su u odnosu na ostatak tiskarske ploče. Pod utjecajem pritiska dolazi do prijenosa bojila s tiskarske ploče na tiskarsku podlogu. Nanos bojila jednak je tijekom cijelog procesa tiska.

Prethodno opisanim principom rada dobiva se otisak. Otisak gotovo nikada iz prve ne ispada jednak željama kupca. Stoga se prilikom procesa tiska vrše korekcije. One se očituju u vidu korekcije bojila kako bi ono zadovoljilo potrebe kupca. Isto tako, često se vrši zamjena aniloks valjka jer otisak s trenutnim aniloks valjkom nije zadovoljavajući. Kako bi kupac dobio željeni proizvod, kod procesa tiska potrebno je provesti niz raznih postupaka i prilagodbi.

Fleksotisak pruža mogućnost tiska na različitim podlogama. Podloge koje se koriste za tisak mogu biti upijajuće kao što je papir ili neupijajuće, primjerice plastična folija. Brzina otiskivanja u fleksotisku može biti izrazito visoka ukoliko je posao za to pogodan. Visoka brzina otiskivanja daje prednost kod tiska velikih naklada. Konstantnim razvijanjem svih segmenata procesa fleksotiska pa tako i samog principa rada fleksotiskarskog stroja kvaliteta proizvodnje raste.



Slika 2.1 Tiskovna jedinica stroja za fleksotisak

Izvor:

<https://eprints.grf.unizg.hr/1461/1/Magistarski%20rad%20Majnari%c4%87%20Igor.pdf>

2.3 Konstruktivna izvedba strojeva za fleksotisak

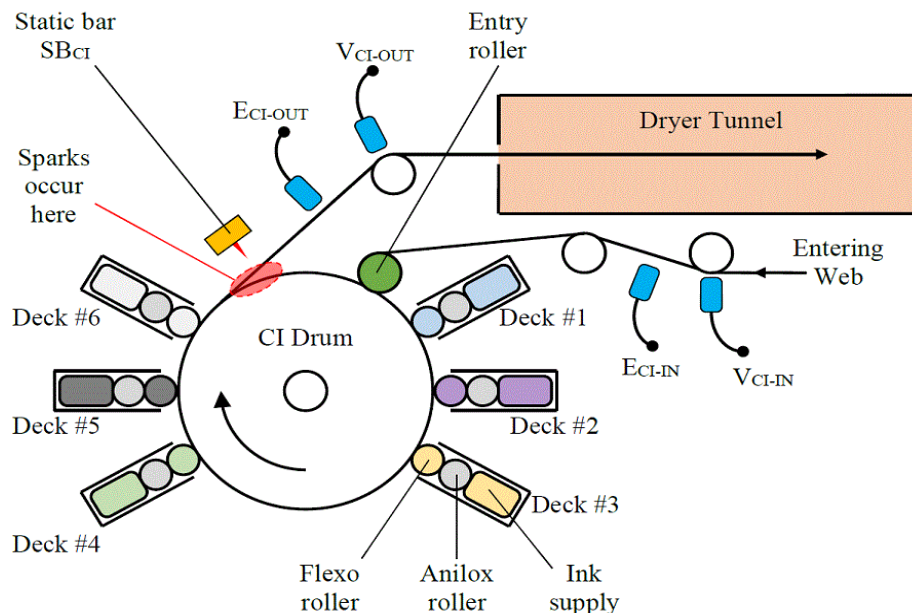
Prema konstrukciji, strojevi za fleksotisak dijele se na tri tipa:

1. Strojevi s centralnim cilindrom,
2. Strojevi u obliku tornja,
3. Strojevi s tiskovnim jedinicama u nizu. [2]

Strojevi s centralnim cilindrom

Kod ovog tipa stroja tiskovne jedinice smještene su oko centralnog cilindra. Primjenjuju se kod tiska na široke, neupijajuće i tanke tiskovne materijale. Dobro održava registar tiska prilikom procesa tiska te ima pogodne karakteristike za tisak na velikim brzinama. [6]

Slika 2.2 prikazuje stroj s centralnim cilindrom te šest tiskovnih jedinica. Svaka pozicija sastoji se od valjka s tiskovnom pločom, aniloks valjka te komore za boju. Tiskovna podloga prolazi preko centralnog valjka gdje pritom nastaje otisak, zatim prolazi kroz tunel za sušenje pa sve do ponovnog namatanja u rolu.



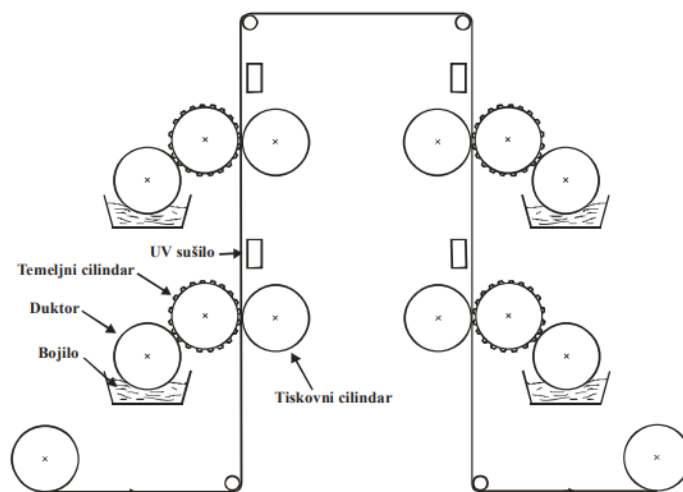
Slika 2.2 Princip stroja za fleksotisak s centralnim cilindrom

Izvor:

<https://eprints.grf.unizg.hr/1461/1/Magistarski%20rad%20Majnari%c4%87%20Igor.pdf>

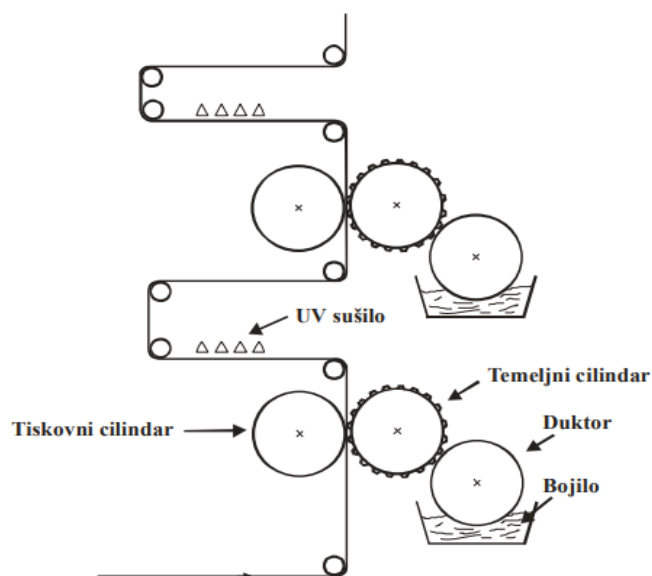
Strojevi u obliku tornjeva

Kod ovakvih strojeva tiskovne jedinice smještene su jedna iznad druge, što prikazuje slika 2.3 i slika 2.4. Tiskovna podloga prolazi od jedne tiskovne jedinice do druge. Svaka tiskovna jedinica ima zasebno sušenje. Na taj način omogućuje se nanošenje sljedeće boje. Ovakvi strojevi omogućuju tisak na širokim dimenzijama tiskovne podloge i obostrani tisak. Kod ovakvih strojeva javlja se problema održavanja registra tiska koji može odstupati i do 0,2 mm [7].



Slika 2.3 Konstrukcija stroja u obliku velikog tornja

Izvor: <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A3865/datastream/PDF/view>

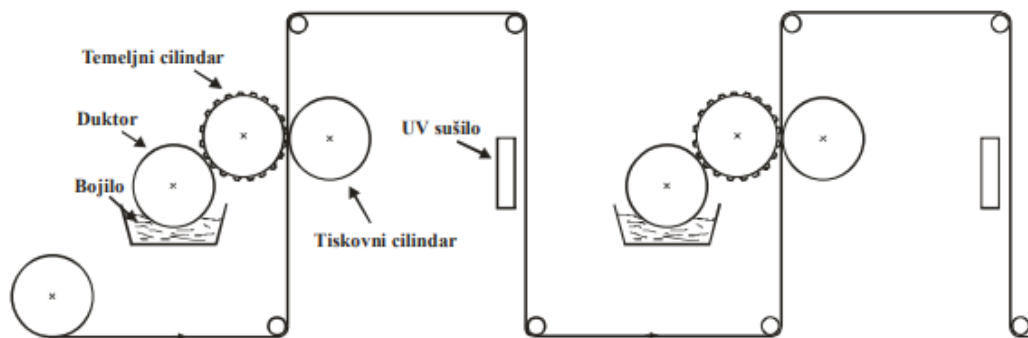


Slika 2.4 Konstrukcija stroja u obliku malog tornja

Izvor: <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A3865/datastream/PDF/view>

Strojevi s tiskovnim jedinicama u nizu

Kod ovog tipa strojeva tiskovne jedinice postavljene su u horizontalnom nizu, slika 2.5. Poslije svake tiskovne jedinice dolazi jedinica za sušenje bojila. Prednost ovih strojeva je što dobro održavaju registar tiska, a nedostatak je tisak na malim brzinama. Mogu se primijeniti za obostrani tisak. Također, postoji mogućnost zamjene tiskovne jedinice nekom drugom tehnikom tiska. [7]



Slika 2.5 Konstrukcija stroja u nizu

Izvor: <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A3865/datastream/PDF/view>

Vidljivo je kako su u fleksotisku prisutne tri različite konstrukcije strojeva. Svaka od njih ima neke prednosti, ali i nedostatke. Konstrukcija s centralnim cilindrom ne dozvoljava obostrani tisak, ali odlično zadržava registar tijekom tiska. Stoga je stroj s centralnim cilindrom pogodan za tisak poslova koji zahtijevaju preciznost registra tiska. Također, stroj s centralnim cilindrom ima odlične karakteristike za tisak na visokim brzinama. Odlično je rješenje za jednostrani tisak velikih naklada. Strojevi u obliku tornja ili s tiskovnim jedinicama u nizu nešto slabije zadržavaju registar, ali omogućuju obostrani tisak. Često se strojevi u obliku tornja koriste za tisak vreća za umjetno gnojivo ili za sol za ceste, jer takve vreće iziskuju obostrani tisak, a preciznost registra nije toliko važna.

2.4 Prednosti i nedostaci fleksotiska

U odnosu na offsetni ili digitalni tisak, prednost fleksotiska do izražaja dolazi kod tiska velikih naklada. Kod manjih naklada njegova prednost nije toliko izražena. Fleksotisak se smatra jednom od najboljih tehnologija kada se govori o dugoročnom povratu ulaganja [8]. Jedna od važnijih prednosti fleksotiska je ta što kod velikih brzina ostvaruje dobru kvalitetu otiska.

Od samih početaka do danas fleksotisak je značajno napredovao. Konstantno se ulaže u razvoj strojeva, jednostavnost korištenja, povećanja produktivnosti i smanjenja otpada prilikom procesa proizvodnje. Uspješno odgovara zahtjevima tržišta te se unapređuje u svim aspektima. Fleksotisak vjerojatno ima najbolji omjer cijene, kvalitete i brzine. Stoga polako preuzima tiskarsko tržište kao tehnologija koja ima sve veću primjenu. No, kao i bilo koja druga tehnologija fleksotisak ima i nedostatke.

2.4.1 Nedostaci fleksotiska

- Skupi zastoji u proizvodnji i popravci ukoliko se ne vrši redovno održavanje stroja. Uzrok skupog popravka su skuplje komponente stroja te integrirani sustavi,
- Trošak izrade i proizvodnje tiskovnih ploča. Također je jedan od razloga zašto je fleksotisak isplativiji za velike naklade, a ne male,
- Proces pripreme za tisak ponekad zna biti dugačak,
- Pojava novih tehnika koje brže i efikasnije odgovaraju na zahtjeve kompliciranih dizajna, nude višu kvalitetu otiska,
- Finoća rastera je ograničena u usporedbi s offsetnim i bakrotiskom,
- Komplicirano podešavanje bojila tijekom tiska,
- Senzitivnost na promjene pritiska,
- Stvaranje nejednolikog nanosa bojila na rubovima otiska,
- Prirast RTV-a,
- Problem predstavlja tisak punog tona rastiranih površina sa iste tiskovne forme. [8, 9]

Kao što je vidljivo, fleksotisak kao tehnologija ima neke nedostatke. Razvojem tehnologije kontinuirano se teži smanjenju utjecaja tih nedostataka ili njihovu potpunom uklanjanju. Također, kvalitetnom i kontinuiranom edukacijom operatera može se doprinijeti smanjenju nedostataka.

2.4.2 Prednosti fleksotiska

- Velika brzina proizvodnje,
- Velik broj bojila. Solventna bojila, bojila na bazi vode, UV bojila, EB bojila,
- Raznovrsnost tiskovnih podloga,
- Automatizirani procesi do završne faze kao što je laminiranje. Kontinuirana i sveobuhvatna proizvodnja,

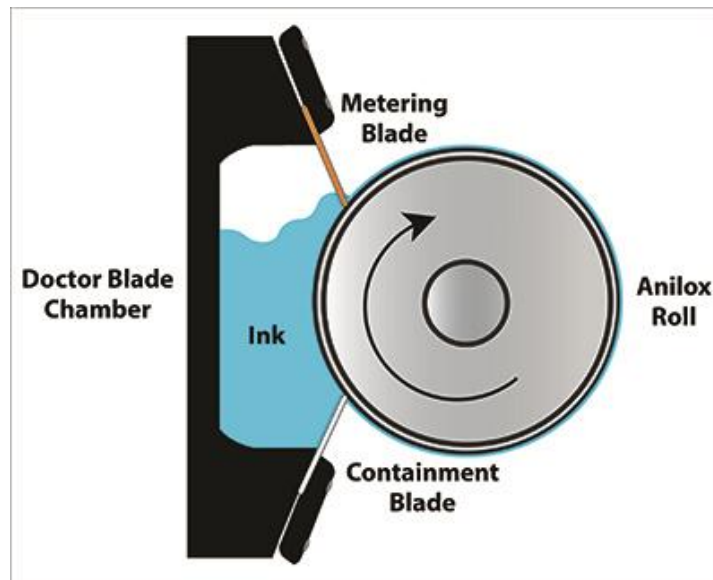
- Niski troškovi proizvodnje. Jeftina bojila i materijali. Iako su tiskarske ploče nešto skuplje, dugoročno gledano to ne predstavlja problem. Kod tiska velikih naklada cijena tiskarske ploče isplativija je nego kod drugih tehnika tiska,
- Dugotrajnost strojeva, potrošni materijali nisu skupi. Stoga redovno održavanje stroja ne iziskuje velike financijske izdatke,
- Mogućnost tiska do 10 boja,
- Ekološki prihvatljivi materijali, bojila na bazi vode koja imaju značajno manje štetan utjecaj na okoliš. Također, imaju manje štetan utjecaj na zdravlje radnika u proizvodnji. Mogućnost recikliranja bojila čime se smanjuje količina otpuštenih štetnih tvari,
- Ekonomska isplativost,
- Kvaliteta tiska u zadanim materijalima,
- Tisak beskonačnog uzorka,
- Brzosušeće boje,
- Mala viskoznost bojila,
- Kratko vrijeme radnih naloga,
- Mogućnost velikih naklada zbog izdržljivih tiskovnih ploča. [8, 9]

Fleksotisak ima velik broj prednosti koje ga čine poželjnom tehnikom tiska. Mogućnost tiska do 10 boja omogućuje tisak raznolikih dizajnerskih ideja. Brzina proizvodnje može biti izuzetno visoka što doprinosi brzini tiska velikih naklada. Velik broj različitih bojila omogućuje tisak na raznovrsnim tiskovnim podlogama. Bojila na bazi otapala i vode su lako dostupna te imaju povoljnu cijenu. S druge strane, UV i EB bojila su nešto skuplja no ekološki puno prihvatljivija. Trošak proizvodnje nije toliko velik s obzirom da materijali potrebni za tisak nisu skupi. Tiskarske ploče su poprilično izdržljive što daje prednost prilikom tiska velikih naklada. Kako za sve druge proizvodne djelatnosti, tako je i za fleksotisak najvažnija ekonomska isplativost. S obzirom na nizak trošak materijala i sve druge prednosti, fleksotisak kao tehnologija ima ekonomsku isplativost.

2.5 Sustavi za obojenje

U ovom poglavlju dotaknut ćemo se sustava za obojenje, njegove svrhe te varijanta koje se primjenjuju u fleksotisku. Kao što je već ranije spominjano, konstrukcijski fleksografski strojevi se razlikuju. No bez obzira na različite konstrukcije svi se sastoje od sustava za obojenje i temeljnog cilindra. Prijenos bojila na tiskarsku ploču vrši se pomoću aniloks valjka,

zatim se bojilo s tiskarske ploče prenosi na tiskarsku podlogu. Prijenos se događa pod utjecajem pritiska na temeljnom cilindru. Važno je spomenuti rakel nož, čija uloga je skidanje viška bojila s aniloks valjka. Slika 2.6. prikazuje dio sustava za obojenje, gdje su vidljivi aniloks valjak (eng. anilox roll), komora (eng. doctor blade chamber) i rakel noževi (eng. metering blade, containment blade). Svaki od navedenih dijelova ima važnu ulogu u procesu tiska.



Slika 2.6 Prikaz dijela sustava za obojenje

Izvor: https://www.flexoconcepts.com/wp-content/uploads/2020/08/chamber_diagram_400x322.jpg

Rakel nož može biti postavljen u smjeru vrtnje aniloks valjka te suprotno od smjera vrtnje. Kod rakel noža koji je postavljen suprotno od vrtnje aniloks valjka, industrijski standard za postavljanje je na 30° - 35° , slika 2.7. Postavljanjem rakel noža na manji kut stvara se veća kontaktna površina. To znači kako je za dobivanje čiste površine potreban veći pritisak. Veći pritisak pak rezultira značajnim trošenjem aniloks valjka i oštrice noža. Važno je da nož za odstranjivanje bojila bude postavljen ravno duž cijelog aniloksa. Kako bi rakel nož za odstranjivanje bio ravan, a valovitost izbjegnuta, on se zateže pomoću vijka od centra prema van. Kod procesnog tiska strojevi su najčešće opremljeni klasičnim sustavom obojenja, dok se kod tiska na široke dimenzije koriste strojevi s komornim sustavom obojenja. Za postizanje veće kvalitete tiska nužno je postići što manji pritisak noža za skidanje bojila. [10]

Prije gotovo svakog procesa tiska važno je zamijeniti rakel noževe te provjeriti jesu li postavljeni ispravno kako ne bi došlo do neželjenih oštećenja aniloks valjka. Zamjena rakel noževa je nužna kako bi se višak bojila skidao s aniloks valjka. Ukoliko se to ne odradi prije

kretanja s tiskom, dolazi do nepotrebnih zastoja u procesu tiska. Operater mora privremeno zaustaviti stroj te zamijeniti noževe, što utječe na trajanje procesa tiska. Posljedica nezamjene rakel noža je prijenos viška bojila koji uzrokuje zamrljanje i neravnomjernost otiska.



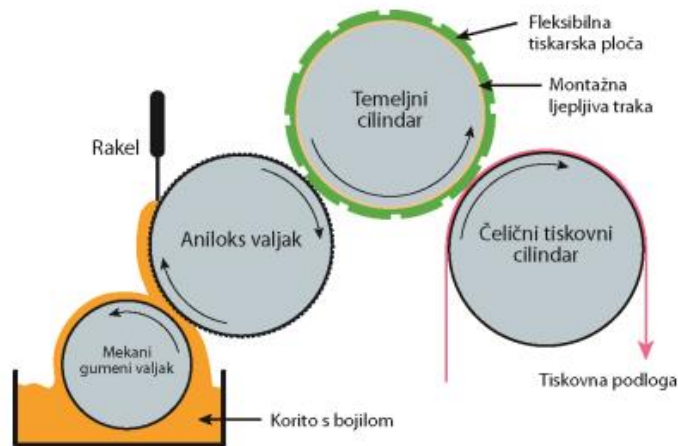
Slika 2.7 Kut noža za odstranjivanje viška bojila u odnosu na aniloks valjak

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

2.5.1 Sustav za obojenje s klasičnim rakelom

Kod sustava za obojenje s klasičnim rakelom u koritu s bojilom nalazi se mekani gumeni valjak. Valjak se konstantno rotira, a uslijed rotacije dolazi do prijenosa bojila na aniloks valjak. Kako bi se višak boje skinuo s površine aniloks valjka, koristi se rakel nož koji je postavljen pod određenim kutom i pritiskom. Rakel nož je traka debljine 0,1 mm koja može biti izrađena od metala ili plastike. Primjenom rakel noža bojilo ostaje samo u čašicama aniloks valjka. [10]

Dakle, uloga rakel noža je skidanja viška bojila s aniloks valjka. Kao što je spomenuto, višak bojila potrebno je odstraniti kako bi na tiskovnoj ploči završila približno idealna količina bojila potrebna za tisak. Slika 2.8 prikazuje shemu sustava za obojenje s klasičnim rakel nožem. Na shemi je vidljiv mekani gumeni valjak koji je uronjen u komoru s bojilom. Njegova zadaća je prijenos bojila na aniloks valjak. Između mekanog gumenog valjka i aniloks valjka nalazi se rakel nož koji skida višak bojila.



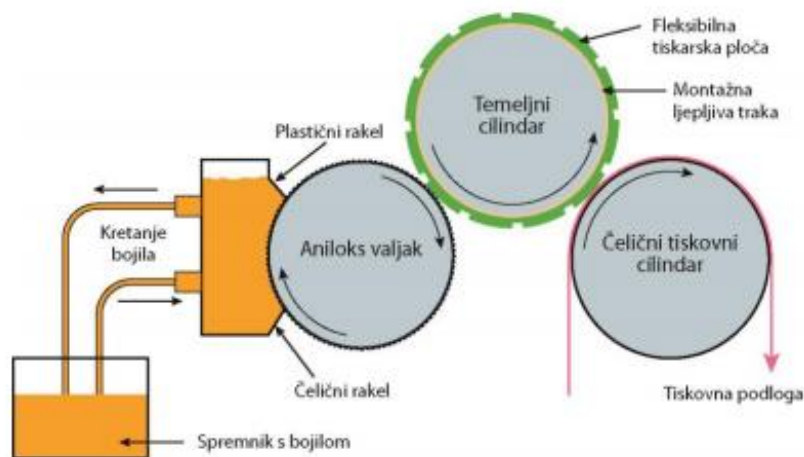
Slika 2.8 Shema sustav za obojenje s klasičnim rakelom

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

2.5.2 Sustav za obojenje s komornim rakelom

U ovom tipu sustava koriste se dva rakel noža: plastični rakel nož postavljen suprotno od vrtnje cilindra te čelični rakel nož postavljen u smjeru vrtnje cilindra, slika 2.9. Jedan rakel nož skida višak bojila, dok drugi rakel nož zatvara komoru. U ovom slučaju bojilo se do valjka dostavlja pomoću pumpe spojene na spremnik s bojilom.

Kod tiska na šire formate bojilo se može dostaviti na nekoliko pozicija. Bolji prijenos bojila i kontrola potrošnje bojila u procesu tiska prednosti su koje ovaj sustav ima. Osim toga, kod takvih sustava viskoznost bojila je stabilnija. U ovom slučaju može se sagledati i ekološka komponenta: pošto je bojilo u zatvorenom spremniku, ono u manjoj količini ispušta štetne plinove. Rezultat primjene ovakvog sustava obojenja je veća kvaliteta tiska te smanjena emisija štetnih tvari i utjecaja na okoliš [10].



Slika 2.9 Shema sustav za obojenje s komornim rakelom

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

2.6 Višebojna reprodukcija

Proces tiska često se bazira na upotrebi četiri osnovne boje. Četiri osnovne boje koje se primjenjuju u tisku su CMYK (cyan, magenta, yellow, black). Strojevi za fleksotisak namijenjeni su za višebojnu reprodukciju. Dakle, radi se o primjeni osnovnih CMYK boja plus pantone boja. Rasterski element slike izrađen je iz CMYK-a, dok se pantone boje koriste primjerice za podloge, logo kompanije ili elemente tiska koje kupac želi otisnuti u određenoj boji. Mogućnost višebojne reprodukcije ovisi o tehničkim karakteristikama stroja, broju jedinica za tisak. Danas strojevi za fleksotisak imaju i do 10 tiskovnih jedinica. Na slici 2.10 vidljiv je stroj s 10 tiskovnih jedinica Diamond HP kompanije Uteco.

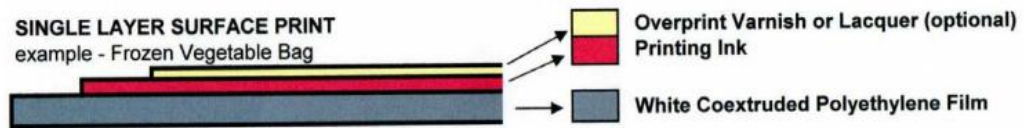
U odnosu na neke druge grane tiska gdje je korištenje bojila ograničeno, kod fleksotiska to nije slučaj. Kada se tisak vrši na materijale prozirnih karakteristika, jedna tiskovna jedinica mora biti ispunjena bijelom pokrивnom bojom. Ukoliko pokrивna bijela boja nije otisnuta, boje su bez kontrasta i transparentne. U fleksotisku boje se raspoređuju od najsvjetlije prema najtamnijoj.



Slika 2.10 Diamond HP s 10 tiskovnih jedinica proizvođača Uteco

Izvor: <https://www.uteco.com/en/print-and-converting/flexographic-printing/diamond-hp>

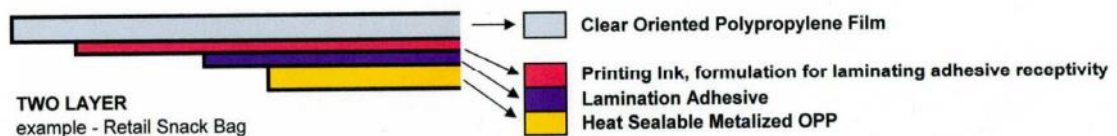
Kod reverznog tiska, otisak se tiska na stražnju stranu tiskovne podloge. Po završetku procesa tiska, s prednje strane tiskovne podloge nalazi se otisnuta slika, dakle s suprotne strane od one strane gdje je bojilo otisnuto. Reverzni tisak se najčešće koristi kod procesa gdje će se vršiti laminacija druge folije na otisnutu foliju. [10]



Slika 2.11 Jednoslojni površinski ispis

Izvor: https://www.tappi.org/content/events/09placesy/course_papers/durling.pdf

Slika 2.11 prikazuje površinski otisak na bijelom polietilenskom filmu. U tom slučaju nije potrebno otiskivati bijelu pokrivnu boju. Boje se nanose od svjetlije prema tamnijoj. Slika 2.12 prikazuje reverzni tisk na transparentni polipropilenski film. Dakle, tu se radi o tisku na poleđinu tiskovne podloge te će biti potrebno nanijeti bijelu pokrivnu boju. Na sloj na koji je otisnuto bojilo vrši se proces laminacije.



Slika 2.12 Dvoslojni reverzni otisak

Izvor: https://www.tappi.org/content/events/09placesy/course_papers/durling.pdf

3. BOJILA ZA FLEKSOTISAK

U tehnologiji fleksotiska koristi se nekoliko vrsta bojila. Bojila na bazi otapala (solventna bojila) imaju najveću primjenu. Koriste se za tisak na podloge koje nemaju dobra upijajuća svojstva, kao što su podloge od plastičnog materijala. Za tisak na podloge koje imaju dobra svojstva upijanja, kao što je papir, koriste se bojila na bazi vode. Danas se bojila na bazi vode sve intenzivnije koriste i kod tiska na plastične materijale. Ove dvije vrste bojila suše se izlaganjem toplini. Osim njih, postoje UV bojila koja se suše izlaganjem ultraljubičastom svjetlu te EB bojila koja se suše ionizirajućim zračenjem, odnosno kemijskim vezivanjem. EB bojila se koriste sve više zbog povećanja kvalitete tiska. Konstantnim napredovanjem tehnologije UV bojila se sve više primjenjuju u fleksotisku. Jedan od razloga zašto se ona sve više primjenjuju je taj što se kod njih uklanja manji postotak dostavljane boje u odnosu na tradicionalna bojila.

Primjerice kod upotrebe tradicionalnih bojila solventnih ili na bazi vode prilikom procesa sušenja ispari 35-40% bojila. Dakle, kako bi se dobilo željeno obojenje potrebno je dostaviti 40% više bojila. Kod solventnih boja kao organsko otapalo koristi se etil-acetat ili etanol. [10]

Kod bojila na bazi vode kao otapalo koristi se prirodna voda ili prirodna voda s manjom koncentracijom organskog otapala [11].

Svojstva i karakteristike bojila koja se primjenjuju u fleksotisku su:

- Velika kohezija- Između čestica tvari javlja se sila koja među njima djeluje. Dotična sila naziva se kohezija. Djelovanjem kohezije dolazi do razdvajanja čestica bojila,
- Mala viskoznost- Bojila u fleksotisku krasi mala viskoznost. To znači da su bojila rijetka. U proizvodnom procesu viskozitet se mjeri pomoću DIN čašice. U čašicu se dozira bojilo te se mjeri vrijeme potrebno za isticanje bojila,
- Velika pokrivenost- Gustoća obojenja na otisku ovisi o debljini filma bojila. Debljina filma bojila kreće se u rasponu od 2–15 μm ,
- Veliki sjaj- Stupanj glatkosti odnosno hrapavosti definira sjaj. Glađa površina daje veći intenzitet sjaja,
- Izvrsna tečljivost- Karakteristika grafičkih bojila je da se jednoliko rasporede po površini valjka,

- Brzina sušenja na tiskovnoj podlozi- Vrsta bojila diktira brzinu sušenja. Nužno je da se bojilo suši na tiskovnoj podlozi, a ne u koritu ili na stroju prilikom proizvodnje. [10]

3.1 Bojila na bazi vode

U osnovi bojila koja su izrađena na bazi vode sastoje se od pigmenata koji se nalaze u otapalu, odnosno u vodi. Osim vode, u bojilima na bazi vode mogu biti prisutna i otapala na bazi hlapljivih organskih spojeva [12]. Težnja za primjenom takvih bojila očituje se u uklanjanju opasnih kemikalija i smanjenju koncentracije hlapljivih organskih tvari u procesu tiska.

Bojila na bazi vode, gledajući s ekološke strane, vrlo su prihvatljiva. Naime, njihov sastav nije toliko štetan po okoliš, kao što je to u slučaju solventnih bojila. Vodena bojila su sigurna za pohranu iz razloga što u sebi ne sadrže zapaljive elemente. Kod njihove primjene u proizvodnji opasnosti po radnika su znatno manje nego kod primjene solventnih bojila. Manja izloženost štetnim tvarima također je povoljnija za očuvanje zdravlja radnika.

Odlikuje ih visoka površinska napetost, stoga se često koriste za tisak na visoko upijajućim podlogama kao što je papir. Površinska napetost solventnih bojila je manja dok je kod bojila na bazi vode površinska napetost izrazito visoka. Iz tog razloga, bojila na bazi vode nisu pogodna za tisak na sve materijale. [13]

Problem visoke površinske napetosti rješava se dodavanjem surfaktanta. Surfaktanti su površinski aktivne tvari koje sadrže hidrofilni i hidrofobni dio molekule. Dodavanjem surfaktanta značajno se smanjuje površinska napetost bojila. U prošlosti su bojila na bazi vode zadavala niz problema kod procesa tiska. Primjerice, jedan od problema bio je taj što su se bojila sasušila na opremi za tisak. Rezultat tog problema bio je nekvalitetan otisak. Procesom dodavanja raznih aditiva u bojilo, kao što su smola i vosak, došlo je do poboljšanja svojstva. Uz niz problema u prošlosti, danas bojila na bazi vode imaju bolje performanse nego bojila na bazi otapala. [12]

Problem vodenih bojila su ostatci nastali nakon primjene u tisku. Vodena bojila se mogu čuvati do 2 mjeseca, nakon toga perioda stvaraju se alge koje uzrokuju kvarenje bojila, poprimaju intenzivan miris te nisu upotrebljiva za tisak.

Komponente bojila na bazi vode:

- Bojila- pigmenti, daju obojenje bojilu,

- Smola- služi za prijanjanje bojila na podlogu i vezivanje bojila,
- Amini- služe za otapanje smole i promjenu u tekuće stanje,
- Razrjeđivač- najčešće je to voda koja služi za smanjenje viskoznosti,
- Surfaktant- korištenjem sredstva za pjenjenje utječe se na površinsku energiju boje,
- Aditivi- sredstva poput voska, silikona koji pospješuju upotrebu boje za namjeravane potrebe. [14]

3.2 Bojila na bazi organskog otapala

Proces tiska vrši se i na neupijajućim materijalima kao što su polimerni materijali, folije, laminati, papir itd. Kod tiska na takve materijale najčešće se upravo primjenjuju bojila na bazi organskog otapala. Svaka polimerna podloga iziskuje primjenu odgovarajućeg bojila.

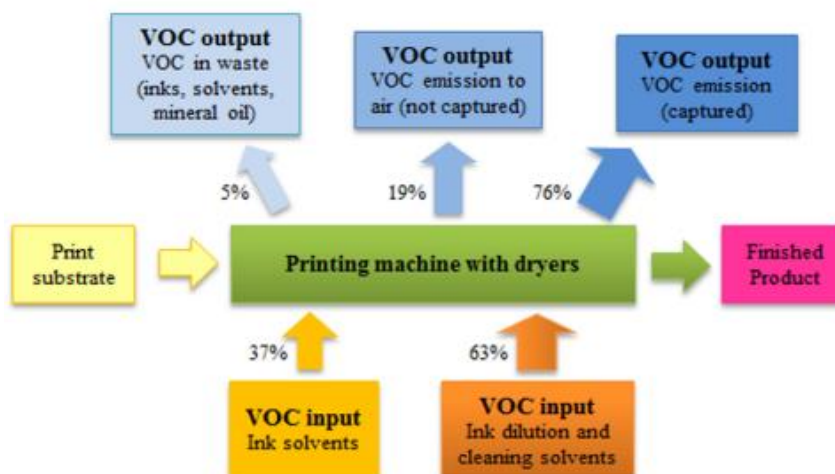
Bojila odgovarajuće adhezije primjenjuju se za tisak na filmove i folije. Za potpuno iskorištavanje reflektivnih svojstava folije nužna je transparentnost bojila. Za postizanje toga koriste se nitrocelulozna bojila visoke svjetlostalnosti. [15] Najrašireniju upotrebu u tiskarskoj industriji imaju sljedeća otapala: etanol, etil acetat, toluen, izopropanol, n-propanol, heksan i metil etil keton [16].

Bojila na bazi organskog otapala imaju sljedeće odlike: vodootpornost, otpornost na habanje i izbljeđivanje. Prilikom procesa tiska otapalo iz bojila isparuje. Isparavanjem dolazi do emisije štetnih tvari, iz tog razloga nužno je prozračivanje prostora za tisak. [17]

75% emisije štetnih tvari odvija se prilikom procesa sušenja bojila. Za čovjekovo zdravlje izrazito je štetna izloženost hlapljivim organskim spojevima. Navedeni spojevi uzrokuju glavobolje, oštećenja jetre, alergijske reakcije na koži pa čak uzrokuju i nuspojave na središnjem živčanom sustavu. Također, to nije jedini problem. Određena otapala nisu biorazgradiva što predstavlja rizik od zagađenja tla i onečišćenja podzemnih voda. Osim navedenih nedostataka, problemi se javljaju kod zbrinjavanja hlapljivih organskih spojeva. Naime, postupak njihovog zbrinjavanja je složen te nema 100%-nu učinkovitost. [18]

Solventna bojila kao i sva druga imaju prednosti, ali i mane. Upravo zbog štetnog sastava bojila i sve veće tendencije zaštite okoliša i radne okoline teži se smanjenju primjena bojila na bazi organskih otapala. Na slici 3.1 vidljiva je emisija hlapljivih organskih spojeva tijekom procesa tiska. 5 % hlapljivih organskih tvari akumulira se u otpadu, bojilima i solventima. Postotak emisije hlapljivih organskih tvari u zrak iznosi sveukupno 95%. Ulazni postotak hlapljivih organskih tvari prilikom tiska sastoji se od solventa u bojilu 37%. 63% hlapljivih

organskih tvari kod procesa tiska nastaje prilikom razrjeđivanja bojila te primjenom solventa za pranje.

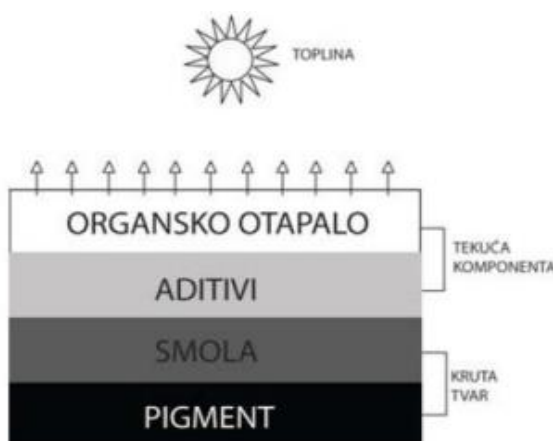


Slika 3.1 Prikaz emisije hlapljivih organskih spojeva (VOC)

Izvor: https://www.grid.uns.ac.rs/jged/download/v11n2/jged_v11_n2_p2.pdf

Komponente solventnih bojila :

- Bojila- pigmenti, služe za obojenje bojila,
- Smola- omogućuje prianjanje bojila na podlogu i vezivanje bojila,
- Otapalo- služi za otapanje smole te promjenu u tekuće stanje,
- Surfaktant- sredstvo za pjenjenje ili ovlaživanje koje utječe na površinsku energiju,
- Aditivi- sredstva od voska ili silikona, pospješuju uporabu bojila. [14]



Slika 3.2 Sastav bojila na bazi organskih otapala

Preuzeto: Jambrošić, N., (2010) Utjecaj ponovnog korištenja boja na kvalitetu fleksotiska

Slika 3.2 prikazuje sastav bojila na bazi organskog otapala. Iz prikaza je vidljivo kako se bojilo sastoji od tekuće komponente i krute tvari. Tekuću komponentu čine aditivi i organsko otapalo, dok krutu tvar čine smola i pigment.

3.3 Ultraviolet (UV) i Electron beam (EB) bojila

Konstantnim razvijanjem tehnologije fleksotiska došlo je do razvoja novih vrsta bojila. Može se reći kako UV i EB bojila spadaju u svojevrsnu inovaciju u području fleksotiska. UV i EB bojila su ekološki prihvatljiva te imaju i manje štetan utjecaj na zaposlenike. U budućnosti će njihova primjena u industriji fleksotiska zasigurno biti sve veća.

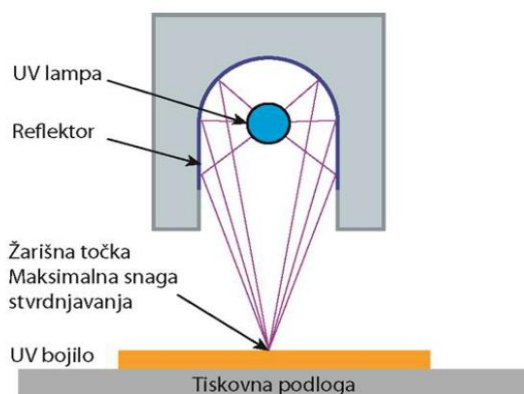
3.3.1 Ultraviolet (UV) bojila

Primjenom UV bojila iz proizvodnog ciklusa uklanjaju se bojila na bazi otapala. Stoga u procesu proizvodnje ne dolazi do hlapljenja štetnih organskih spojeva. UV bojila suše se djelovanjem UV zračenja određene valne duljine.

Kod procesa sušenja UV bojila dolazi do sljedećeg procesa: „Fotoinicijatori djelovanjem UV svjetla reagiraju stvarajući radikale koji se vežu s monomerima i prepolimerima. Pri tome nastaje polimerizacija umrežavanjem, odnosno suhi sloj boje [19, str 48].“

Brzina procesa sušenja može se povećati implementacijom UV lampa s inertnim dušikom. Njegovom primjenom dolazi do sprečavanja oksidacije što rezultira usporavanjem procesa polimerizacije, a time i samog procesa sušenja. [10]

Proces sušenja UV bojila pomoću UV lampe vidljiv je na slici 3.3. UV bojilo nalazi se na tiskovnoj podlozi te uslijed djelovanja UV lampe dolazi do sušenja dotičnog bojila. U procesu sušenja valja pripaziti na jačinu djelovanja UV lampe kako se tiskovna podloga ne bi oštetila.



Slika 3.3 Prikaz sušenja UV bojila pomoću UV lampe

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

Primjena UV bojila izbjegava se primjerice kod prehrambenih proizvoda. U prošlosti problem kod UV boja je bio sljedeći. Ukoliko se bojilo ne bi posušilo do kraja i stvrdnulo, ono bi moglo doći u doticaj s prehrambenim proizvodom te ga na taj način kontaminirati. [19]

Konstantnim unapređivanjem tehnologije UV bojila, razvila su se bojila koja potrošačima daju potpunu sigurnost. Osim toga, moguće su veće brzine prilikom proces tiska uz manju potrošnju energije.

Upotrebom nove generacije UV lampa, potrošnja energije smanjuje se za 40-50%, a da pri tome nije potrebno smanjiti brzinu tiska. Kod tiska na širine 630 mm, s 8 boja i pri brzini od 200 m/min za proces UV sušenja koristi se 80 KW/h. Osim smanjenja potrošnje energije, UV bojila su bez mirisa, otapala, ne stvaraju hlapljive organske tvari te nisu opasne za uporabu. Nova bojila jamče još veću razinu sigurnosti za potrošača. Naime, malo je vjerojatno kako će teški polimeri drugog lanca migrirati, a osim toga, teži se k biranju netoksičnih sastojaka. Prednost UV bojila je i ta što su odmah spremna za ispis, nema potrebe za procesom podešavanja te raspisivanja bojila. Primjenom novih generacija UV bojila javlja se mogućnost tiska i na brzinama većim od 200 m/min. Također, nove tehnologije poput HD i „flat top dot“ u razvoju tiskarskih ploča značajno poboljšavaju proces fleksotiska prilikom primjene UV bojila. Karakteristike koje su poboljšane su sljedeće: smanjen prirast rasterskih točaka, duboki kontrast slike, dosljedna kvaliteta ispisa tijekom procesa tiska. Unatrag 10-ak godina lansirana je nova generacija štamparskih strojeva koji koriste UV bojila. Njihovim razvojem veći trošak UV bojila nadoknađen je digitalnom automatizacijom, što je rezultiralo kvalitetnijim procesom tiska te manjim troškovima. [20]

Nedostatak vezan uz UV bojila je taj što nadležna tijela za regulaciju zahtijevaju stroge i skupe postupke testiranja kako se ne bi naštetilo zdravlju potrošača. Što s druge strane nije ni loše, jer na taj način osigurava se siguran i po potrošača bezopasan proizvod. Osim toga, proces razvoja i istraživanja ima visoke troškove. Konstantno se pronalaze nova rješenja kako bi došlo do poboljšanja bojila. Teži se uklanjanju toksičnih supstanci, poboljšanju svojstva prijanjanja i smanjenju potrošnje energije. [20]

Kao što je već spomenuto sva ta istraživanja iziskuju poprilična ulaganja. No jasno je kako su to ulaganja za budućnost, ulaganja kojima će primjena UV bojila biti još veća i pouzdanija. Ukoliko se birokratski aspekt ubrza i olakša, inovacije će biti još učestalije.

Komponente UV bojila :

- Bojila- pigmenti, služe za obojenje bojila,
- Smola- služi za prijanjanje bojila na podlogu te njezino vezivanje,
- Monomer- kemikalije koje imaju nisku molekulsku vrijednost te služe za smanjenje viskoznosti,
- Fotoinicijator- primjenom UV svjetla učvršćuje bojilo. Bojilo iz tekućeg stanja prelazi u kruto,
- Surfaktant- sredstvom za pjenjenje utječe na površinsku energiju boje. [14]

3.3.2 Electron beam (EB) bojila

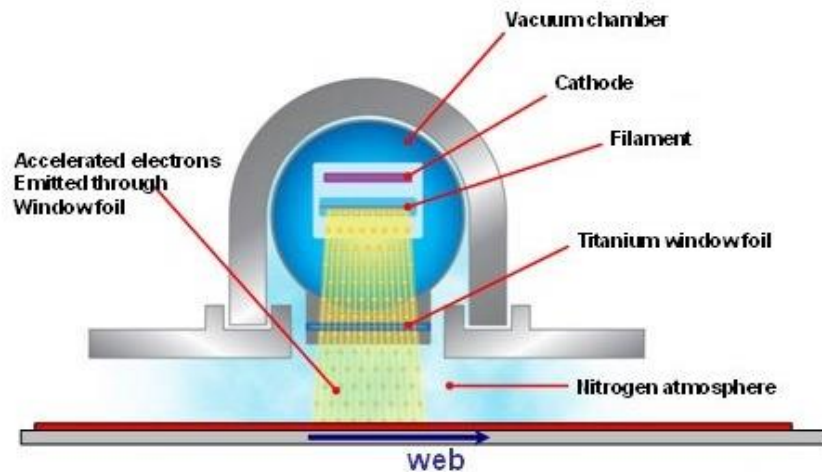
Razvojem EB bojila, nedostaci prisutni kod UV bojila su se otklonili. EB bojila suše se djelovanjem snopa elektrona, slika 3.4. „Proces sušenja EB tiskarskih bojila odvija se djelovanjem ionizirajućeg zračenja s viskom energijom gdje se dolazi do otpuštanja slobodnih elektrona koji iniciraju kemijsko vezanje bojila [19, str 48].“

Najveću primjenu imaju kod proizvoda gdje je potrebno potpuno sušenje 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.“ [19, str 48.]

Kod ove vrste bojila, djelovanjem snopa elektrona sušenje bojila je momentalno. To znači kako nije potreban dodatni proces hlađenja podloge, kao kod UV bojila. Također, sušenje djelovanjem snopa elektrona moguće je u procesu proizvodnje izvesti na kraju samog procesa. U tom slučaju kvaliteta otiska je i dalje zadovoljavajuća. [19]

Za proizvode otisnute EB bojilom karakteristično je da imaju vrhunsku zaštitu ispisa. Također, EB bojila pokazuju sjajna svojstva prilikom transporta gdje dolazi do manjih oštećenja otiska nego kod proizvoda otisnutih tradicionalnim bojilom. Isto tako, neovisno radi li se o mat ili sjajnim bojama, EB bojila omogućuju široki spektar dizajnerskih mogućnosti. Ključne prednosti EB bojila su sljedeće: kvaliteta tiska, smanjeni troškovi, održivost. [21]

Primjenom EB bojila kvaliteta tiska se poboljšava. Navedena bojila imaju izrazito dobra fizikalna svojstva te su otporna na habanje, grebanje i kemikalije. Također, prilikom procesa tiska prirast točaka je manji, a boje konzistentnije. Pigment u bojilu je veće gustoće što znači kako je u procesu tiska potrebno koristiti manje bojila u odnosu na tradicionalna bojila. [21]



Slika 3.4 Prikaz sušenja EB bojila pomoću snopa elektrona

Izvor: <https://www.radsys.eu/faq-2/>

Izrazito dobra karakteristika ovih bojila je što kod proizvodnje ambalaže omogućuju eliminaciju procesa laminacije, što rezultira manjim troškovima u proizvodnji. To je moguće iz razloga što navedena bojila imaju specifične karakteristike u pogledu sjaja i otpornosti na grebanje. Navedene karakteristike omogućuju površinski tisak na jednoj podlozi što znači kako nema potrebe za procesom obrnutog tiska ili laminacije. [21]

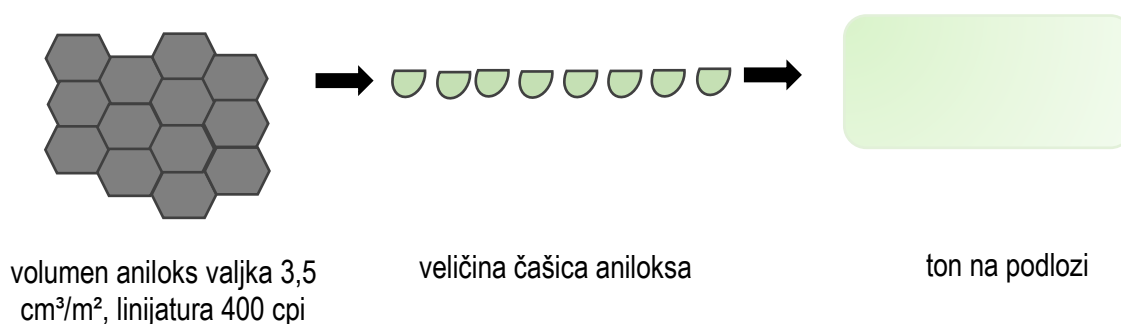
Održivost EB bojila još je jedna u nizu dobrih karakteristika. Uspoređujući EB bojila u donosu na tradicionalna bojila, emisija otapala je znatno manja. Upravo zbog znatno manje emisije otapala, EB bojila su manje štetna po zdravlje radnika te za okoliš.

Neka EB bojila poput Wetflexa uopće ne sadrže otapala pa je emisija otapala umanjena za 100%. Važna značajka ovih bojila je mogućnost 100%-og recikliranja. Naime, proizvodi kao što su površinski otisnuti filmovi Flexo-EB bojilom u potpunosti se mogu reciklirati [21].

Bez obzira na sav tehnološki napredak u vidu bojila, još uvijek se najviše primjenjuju bojila na bazi organskog otapala. Kao što je vidljivo kroz ovo poglavlje, EB bojila imaju mnoge prednosti. Izrazito važna prednost ove vrste bojila je što proizvodi otisnuti određenim EB bojilom mogu u potpunosti biti reciklirani. Problem koji se javlja kod EB bojila su veća inicijalna ulaganja. Često kompanije ne teže implementiranju novih tehnologija iz razloga što ih to puno košta te je potrebno raditi neke preinake u proizvodnom procesu. Usprkos svim prednostima, definitivno je potrebno određeno razdoblje kako bi EB bojila dobila širu primjenu.

4. ANILOKS VALJAK

U fleksotisku aniloks valjak može se smatrati jednim od glavnih segmenata sustava za obojenje. Konstanti prijenos bojila na tiskarsku ploču zadaća je aniloks valjka. Postoje dva tipa aniloks valjaka. Aniloks valjci velikih linijatura i malih volumena koji prenose manje količine bojila. Zbog svojih karakteristika pogodni su za tisak finih rasterskih elemenata. S druge strane, aniloks valjci malih linijatura i velikih volumena prenose veće količine bojila te su pogodni za tisak punih tonova. Što znači da bi se, ukoliko bi puni ton otiskivali aniloks valjkom velikih linijatura te malog volumena, kao rezultat dobio ton nedovoljnog intenziteta gustoće obojenja, vidljivo na slici 4.1.



Slika 4.1 Utjecaj linijature i volumena aniloks valjka na intenzitet punog tona, izradio autor prema Valdec, D.,

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

Aniloks valjak na svom metalnom ili keramičkom površinskom sloju ima ugraviran određen broj ćelija. Prijenos količine bojila koji se prenosi na tiskarsku ploču dozira se upravo pomoću aniloks valjka. Kvaliteta reprodukcije određena je brojem i oblikom ćelija. Aniloks valjak izrađuje se na sljedeće načine: mehaničkim ili laserski graviranjem i kemijskim jetkanjem. [11]

Količina bojila koju aniloks valjak prenosi na tiskarsku ploču ovisi o raznim čimbenicima. Neki od tih čimbenika su vrsta tiskovne podloge, vrsta i viskozitet bojila te vrsta tiskarskih ploča. Također, količina bojila koja se prenosi ovisi o geometriji ćelije aniloks valjka. Isto tako, količina prenijetog bojila definirana je volumenom čašice, linijaturom aniloks valjka te kutovima graviranja aniloks valjka. [22]

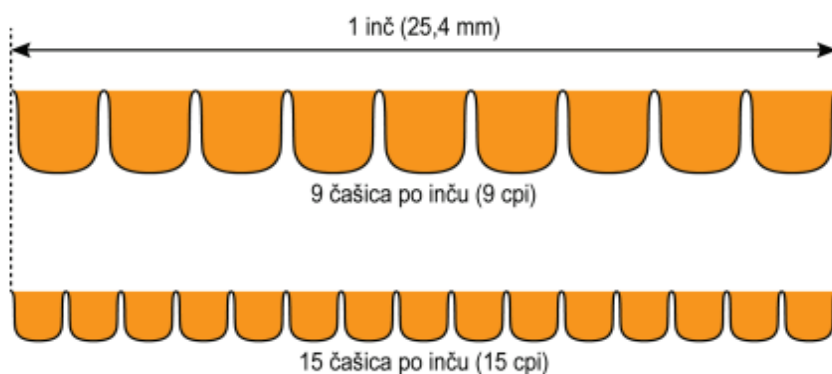
Bez obzira što tehnologija proizvodnje aniloks valjka konstantno napreduje, i dalje se javljaju određeni problemi. Jedan od problema javlja se kada aniloks valjak na tiskarsku ploču ne prenese dovoljnu količinu bojila. Također, uzrok problema je i nepravilno održavanje. Kod

procesa tiska često se javlja problem zapunjavanja aniloks valjka bojilom tijekom rada što uzrokuje njegovo trošenje. Navedeni problem dovodi do smanjenja jačine otiska odnosno lošije kvalitete otiska.

4.1 Linijatura aniloks valjka

Broj čašica po jedinci dužine definira linijaturu aniloks valjka. Obojenje nastalo na tiskovnoj podlozi ovisi o nanosu bojila. Na njega utječe fizička debljina i ujednačenost filma bojila. Linijatura aniloks valjka i volumen međusobno su zavisni. „Na primjer, aniloks valjak volumena 3,2 BCM-a iziskuje linijaturu otprilike 500 cpi. Isti volumen aniloks valjka kod linijature od 1000 cpi dati će preduboke čašice, dok će kod linijature od 120 cpi čašice biti preplitke [10, str. 50]“. Povećanjem kohezije bojila i smanjenjem volumena omogućuje se korištenje aniloksa valjaka veće linijature. Većim linijaturama aniloks valjka omogućuje se tisak kvalitetnijih grafika. To znači kvalitetniji otisak finih linija, teksta te mekaniji prijelazi [10].

Primjenom valjaka manjih linijatura prenose se veće količine bojila. S druge strane primjenom valjaka velikih linijatura prenose se manje količine bojila. Ovisno o željenom otisku važno je odabrati pravu linijaturu aniloks valjka. Slika 4.2 prikazuje broj čašica po jedinci dužine od 1 inča. Na slici je raspoređeno 9 čašica po inču i 15 čašica po inču. Kada je riječ o rasporedu od 9 čašica, tada se radi o čašicama s većim volumenom. Manji broj čašica s većim volumenom pogodan je za tisak punih tonova. Dakle, tu se radi o manjoj linijaturi s većim volumenom. Kod rasporeda od 15 čašica, riječ je o većoj linijaturi s manjim volumenom čašica. Veće linijature i manji volumeni čašica koriste se kod tiska teksta, vinjeta ili procesnog tiska.



Slika 4.2 Broj čašica po inču definiran je linijaturom aniloks valjka

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

Tablica 4.1 Prikaz linijatura i volumena aniloks valjka u odnosu na primjenu u tisku

Izvor: <http://www.harperimage.com/AniloxRolls/Anilox-Guides/Anilox-Volume>

<i>Primjena</i>	<i>Linijatura aniloks valjka</i>	<i>Volumen aniloks valjka</i>
Puna polja i deblje linije	180-330	9-4 BCMs
Tanje linije i tekst	200-400	8-3 BCMs
Prijelazi i vinjete	360-500	3.6-2.8 BCMs
Procesni tisak	500-1200	2.8-0.9 BCMs

Tablica 4.1 prikazuje linijaturu i volumen aniloks valjka u odnosu na primjenu u tisku. Vidljivo je kako se manje linijature i veći volumeni aniloks valjka koriste za tisak punih polja i debljih linija. S druge strane, veće linijature i manji volumeni aniloks valjka koriste se za tisak teksta, vinjeta te procesni tisak.

4.2 Volumen aniloks valjka

Volumen čašice aniloks valjka određuje količinu bojila koja će se prenijeti iz čašice. Kubični mikrometar je mjerna jedinica u kojoj se izražava volumen aniloks valjka. Kao mjerna jedinica predstavlja volumen u čašicama na prostoru od jednog kvadratnog inča. Volumen se iskazuje u milijardama kubnih mikrona-BCM (eng. Billion Cubic Micros). Osim u mjernoj jedinici BCM, volumen se izražava u mjernim jedinicama SI sustava cm^3/m^2 . cm^3/m^2 iskazuje količinu potrošene boje u cm^3 na površini od 1m^2 prilikom tiska punog tona. [10]

U tiskarom poslu često se javlja problem gdje se posao definira linijaturom aniloks valjka, a ne volumenom. Odnosno, često se govori kako bi određeni posao trebalo obaviti primjerice linijaturom 800cpi. Takav način izražavanja je pogrešan. Pravilno je izražavanje preko volumena aniloks valjka, a ne linijature. Preračunavanjem volumena u nanos bojila utjecaj aniloks valjka na promjenu obojenja postaje jasan. Što znači da je kubične mikrone potrebno preračunati u stvaran nanos bojila. Uvjet preračunavanja je 100% prijenos bojila iz čašice. [10]

Izračun se vrši putem sljedeće jednadžbe:

$$\text{Debljina filma bojila} = \text{BCM} / 0,65$$

Debljina nanosa bojila zapravo je znatno manja nego što se nagađa. Ta tvrdnja vidljiva je na sljedećem primjeru. 3BCM-a dostupnog prostora rezultira debljinom filma za prijenos od 4,615 mikrona. Od debljine 4,615 mikrona na tiskarsku ploču dospije samo polovica, odnosno 2,308 mikrona. Od debljine koja je dospjela na tiskarsku ploču na tiskarsku podlogu se opet prenese samo polovica, odnosno 1,155 mikrona. [10]

Kako bi se prilikom tiska postigla što kvalitetnija reprodukcija, potrebno je ispuniti dva uvjeta. Prvi uvjet je odabir odgovarajućeg volumena, dok je drugi uvjet odabir linijature aniloks valjka. Ukoliko prilikom odabira volumena i linijature dođe do pogreške, to će rezultirati nepotrebnim zastojsima i problemima u procesu tiska. Na kraju će doći i do odugovlačenja procesa tiska te nepotrebnog povećanja troškova.

4.3 Izrada aniloks valjka

Kao što je ranije spomenuto, aniloks valjak izrađuje se pomoću tri postupka.

1. Kemijskim jetkanjem
2. Mehaničkim graviranjem
3. Laserskim graviranjem

S obzirom na dostupnost laserskog graviranja, kemijsko i mehaničko graviranje može se na neki način smatrati staromodnim postupkom graviranja. Aniloks valjci izrađeni laserskim graviranjem pokazali su se boljima u odnosu na aniloks valjke izrađene mehaničkim graviranjem ili kemijskim jetkanjem.

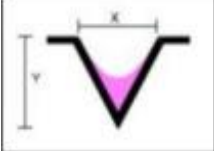
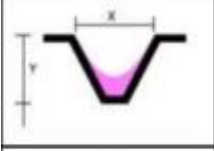
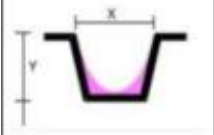
Kod prvog postupka izrade na površinu valjka prekrivenu fotosenzibilnim slojem vrši se kopiranje filma. Film je uvjetovan uzorkom i linijaturom rastera. Po završetku procesa osvjetljavanja dio sloja se polimerizira, dok se neosvijetljeni dio uklanja pranjem. Primjenom kiseline definira se dubina rasterskih točkica. Završni korak izrade je proces kromiranja, gdje se cijeli aniloks valjak kromira. Na taj način poboljšavaju se svojstva aniloks valjka, odnosno otpornost na habanje. Mehaničkim graviranjem vrši se obrada čeličnih valjaka. Oni se presvlače bakrom postupkom galvanizacije. Po završetku procesa obrade dobivene čašice mogu imati oblik piramide ili oblik odrezane piramide. Također, posljednji postupak izrade je nanošenje sloja kroma kao i kod kemijskog jetkanja. [23,24]

Tehnološki najnapredniji proces graviranja je graviranje laserskim putem. Značajan napredak tehnologije omogućio je primjenu lasera u procesu graviranja aniloks valjka.

Laserskim graviranjem obrađuju se keramički valjci premazani plazmom i kromooksidnim slojem. Dijamantnom brusnom pločom vrši se brušenje u svrhu dobivanja ujednačenosti valjka. Djelovanjem laserskih zraka visoke razine preciznosti nastaju čašice jednakog i pravilnog oblika. Po završetku procesa graviranja, neravnine se uklanjaju poliranjem. Ovaj način izrade aniloks valjaka omogućuje izrazito male linijature, recimo od 600 cpi. Osim toga, aniloks valjci

izrađeni postupkom laserskog graviranja mogu prenijeti više bojila u odnosu na valjke izrađene mehaničkim graviranjem ili kemijskim jetkanjem. [25,26]

Oblici rasterskih ćelija dobiveni procesom graviranja su sljedeći: piramida, odrezana piramida i kalota. Čašica u obliku piramide ima šiljasto dno, odrezana piramida ima malo ravno dno, dok kalota ima veliko ravno dno, vidljivo na slici 4.3.

OBLICI RASTERSKIH ĆELIJA	
	PIRAMIDA
	ODREZANA PIRAMIDA
	KALOTA

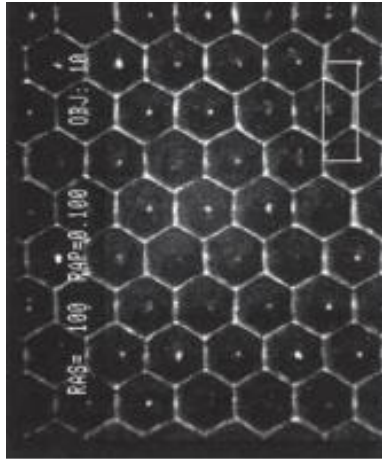
Slika 4.3 Oblici rasterskih ćelija (čašica)

Izvor: <https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>

4.4 Graviranje aniloks valjka

Aniloks valjak kao jedan od najvažnijih dijelova fleksotiska konstantno bude izložen inovacijama. Napredovanjem tehnologije aniloks valjci su danas znatno razvijeniji u odnosu na nekadašnje valjke. Razvojem tehnologije omogućeni su novi načini graviranja aniloks valjaka. To je doprinijelo mogućnosti graviranja novih oblika čašica. Osim oblika čašice došlo je do promjena i u kutovima graviranja.

Heksagonalna struktura čašice smatra se standardom kod proizvodnje aniloks valjka, slika 4.4. Navedena struktura pokazala se izrazito kvalitetnom. Njezina prednost je ta što omogućuje izrazito dobru iskorištenost prostora [27]. Takvi aniloks valjci imaju veliku gustoću čašica što doprinosi kvalitetnim rezultatima prilikom procesa tiska.



Slika 4.4 Mikroskopa slika heksagonalnog uzorka 100 l/cm (245 cpi)

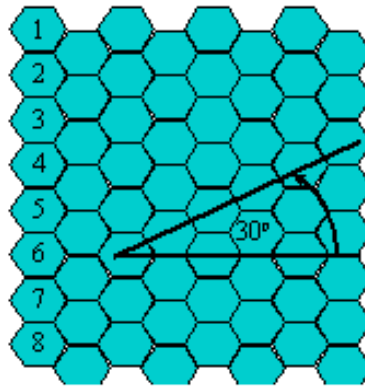
Izvor: https://www.researchgate.net/profile/Stephan-Bruening/publication/291350012_Laser_Engraving_Of_Ceramic_Anilox_Rollers/links/56a1ef8d08ae2afab884387e/Laser-Engraving-Of-Ceramic-Anilox-Rollers.pdf

Zbog prednosti kod izvedbe, heksagonalni uzorak s kutom graviranja od 60° postao je standard u odnosu na kutove graviranja od 45° i 30° .

Kao što je ranije spomenuto, omogućuje velik broj ćelija zbijenih na određenom prostoru. Kao posljedica toga proizlazi učinkovitija raspodjela volumena. To dovodi do poprilično jednake raspodjele tinte kod tiska. Osim toga, gubi se i manje prostora u odnosu na tradicionalni kut graviranja pod 45° . Također, čašice mogu biti pliće, a količina bojila koja će se prenijeti bit će zadovoljavajuća zbog toga što je prisutan veći broj čašica na određenom prostoru. [28,29]

Napredovanje tehnologije doprinijelo je izumu gravura koje nadmašuju standardni heksagonalni uzorak od 60° . Novim gravurama omogućen je učinkovitiji prijenos bojila te bolji nanos na tiskarsku podlogu.

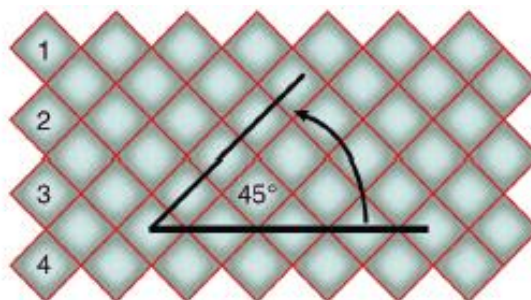
Kad se govori o aniloks valjcima s konvencionalnim kutom graviranja od 30° , njihova primjena prisutna je kod tiska lakova, premaza i bojila visoke viskoznosti, slika 4.5. Kod tiska dotičnim aniloks valjcima smanjuje se pojava praznog prostora na otisku [10]. Dostupnošću novih tehnologija njegova primjena polako blijedi.



Slika 4.5 Heksagonalni uzorak graviranja pod kutom 30°

Izvor: <http://www.harperimage.com/AniloxRolls/Anilox-Guides/Specifying-the-Right-Anilox>

Kvadratni uzorak pod kutom 45° koristi se kod procesa tiska premaza (lakova), laminacije i specijalnog tiska dok se kod opću primjenu tiska ne preporučuje, slika 4.6 [29].



Slika 4.6 Kvadratni uzorak graviranja pod kutom 45°

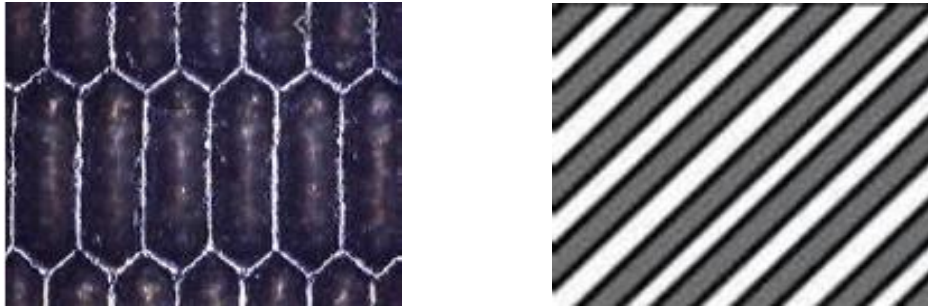
Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

Osim navedenih uzoraka postoje i takozvani alternativni uzorci graviranja. Napredak laserske tehnologije omogućio je različite načine graviranja. Osobiti napredak postignut je kod novog tipa kanalnog graviranja.

Kod njega, u odnosu na standardni tip kanalnog graviranja pod kutom od 30°, nema prisutnosti čašica. Razvoj tehnologije omogućio je kombinaciju heksagon i izduženih čašica. Kombinacija se primjenjuje kod bojila krućih karakteristika, pokrivnih bijeli bojila te kod posebnih lakova. [10]

Tehnologija fleksotiska kontinuirano napreduje, a i njegova primjena u tiskarskoj industriji raste. Evidentno je, kako će se u budućnosti zasigurno još puno istraživanja provoditi na području alternativnog graviranja. Slika 4.7 prikazuje uzorak trostruke spirale i uzorak heksagon izduženih čašica. One se primjenjuju kod tiska krućih bojila, pokrivne bijele boje te specijalnih lakova. Kroz ovo poglavlje može se zamijetiti kako je tehnologija fleksotiska na

području graviranja aniloks valjaka napravila značajan iskorak. Od svega nekoliko načina graviranja u prošlosti, danas je prisutno puno više načina. Time je omogućeno još više opcija kod procesa tiska te se tako i sama kvaliteta fleksotiska povećala.



Slika 4.7 Prikaz uzorka trostruke spirale (trihelical) i uzorka heksagon izduženih čašica

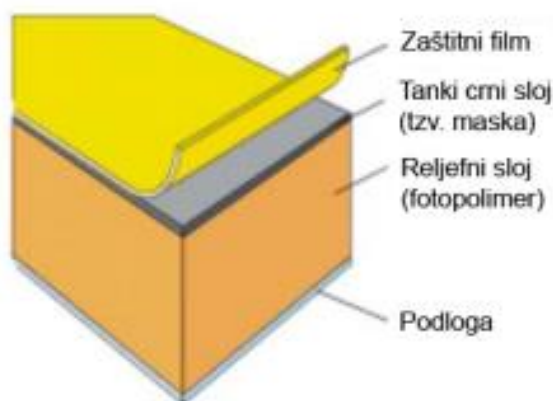
Izvor: Valdec, D., (2022), Princip rada fleksotiska (ppt)

5. TISKARSKA PLOČA

Tiskarska ploča vrlo je važan segment fleksotiska. Kvaliteta tiska uvelike ovisi o njoj. Stoga, velika pažnja pridodaje se izradi i konstantnom razvijanju tiskovnih ploča. Razlikuju se dva tipa tiskovnih ploča: fotopolimerne ploče i gumene ploče. S pojavom fotopolimernih ploča sam fleksotisak je napredovao. Njihova pojava omogućila je anuliranje problema koji su bili prisutni kod tiska s gumenim pločama. U današnje vrijeme najviše se koriste jednoslojne fotopolimerne ploče koje se izrađuju Computer to plate (CtP) postupkom.

U ranim počecima tiskarske ploče izrađivale su se od dva materijala. Jedan materijal bio je prirodni kaučuk, a drugi umjetni kaučuk. Osnovni nedostatak bio im je dimenzionalna stabilnost. Veliki prirast rasterskog elementa rezultat je nedostatka dimenzionalne stabilnosti. Razvoj tiskovnih ploča od tekućeg fotopolimera započinje 1970-ih godina. U 90-im godinama 20. stoljeća konvencionalan način izrade ploča zamijenjen je digitalnim načinom. Digitalni način izrade donio je niz prednosti, a to su: jednostavnost procesa, brža i jednostavnija montaža, kontrolirani proces izrade. Razvojem te tehnologije i sam proces tiska je postao kvalitetniji. [15,30]

Slika 5.1 prikazuje presjek tiskarske ploče za CtP postupak. Sa slike je vidljivo kako se CtP tiskarska ploča sastoji od 4 segmenta. Jedan segment je zaštitni sloj; osim njega ploča se sastoji još od tankog crnog sloja odnosno maske, reljefnog sloja odnosno fotopolimera i podloge.



Slika 5.1 Presjek tiskarske ploče za CtP postupak

Izvor:

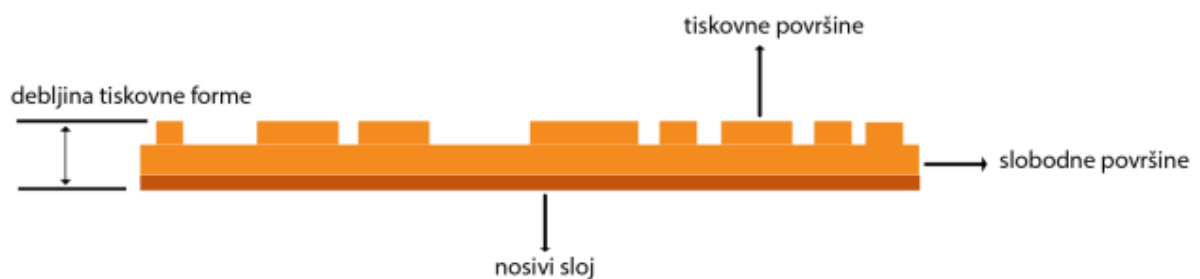
<https://eprints.grf.unizg.hr/1447/1/Magistarski%20rad%20Brajnovi%c4%87%20Olivera.pdf>

Svaka tiskarska ploča izrađena je od tri osnovna dijela. Jedan od njih je izbočena tiskovna površina, zatim slobodna površina i nosivi sloj, slika 5.2. Uloga nosivog sloja je

osigurati stabilnost ploče te je najčešće izrađen od poliestera. Svaka tiskarska ploča mjerljiva je s dva parametra, debljinom i tvrdoćom. Debljinu tiskarske ploče diktiraju tri navedena osnovna dijela. Ona je vrlo važan faktor tiskarske ploče. Bira se sukladno vrsti proizvoda koji će se tiskati.

Debljina tiskovnih ploča koje su se koristile u ranim fazama fleksotiska iznosila je od 1,70 mm do 6,35 mm. U današnje vrijeme debljina fotopolimernih ploča iznosi od 0,76 mm do 6,35 mm. Razvojem tehnologije uspjelo se proizvesti tiskarske ploče manje debljine. Debljine ploča koje se danas najviše koriste su negdje između 1,14 mm i 1,70 mm. Često se koriste za tisak etiketa, dok se veće debljine pak koriste za tisak na karton. [31]

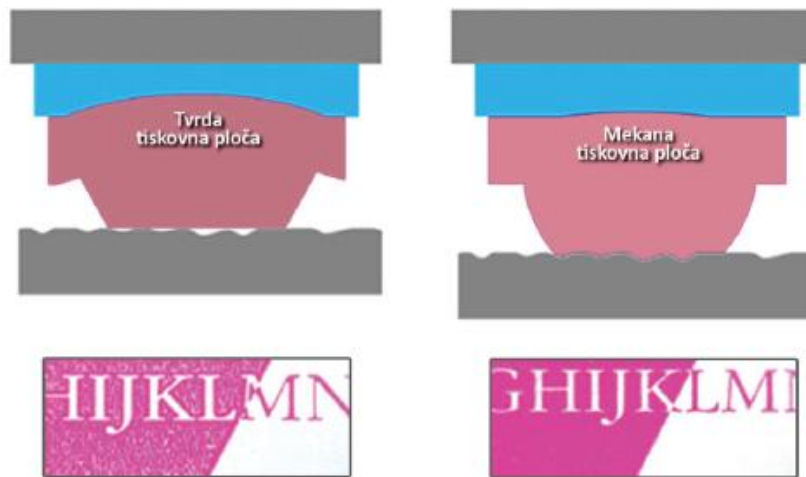
Odabir debljine tiskarske ploče ovisi o mnogim parametrima. Jedan od parametara je vrsta tiskarskog stroja te njegove postavke. Isto tako, debljina tiskarske ploče ovisi o vrsti posla koji će se odrađivati, širini role te dužini otiska.



Slika 5.2 Glavni dijelovi tiskarske ploče

Izvor: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/unin%3A2500/datastream/PDF/view>

Kao što je već spomenuto, u procesu tiska tiskarska ploča ima značajnu ulogu. Zbog njenog utjecaja na tisak različite debljine ploča primjenjuju se sukladno potrebama. U današnje vrijeme pretežito se koriste tvrde tiskarske ploče. Tiskarske ploče izrađene od tvrdog materijala stvaraju manji prirast RTV-a. Problem kod tvrdih tiskovnih ploča je što stvaraju efekt praznine na otisku. Osim manjeg prirast RTV-a, njihova prednost je i što omogućuju kvalitetniji otisak većih linijatura aniloks valjka. Na slici 5.3 vidljivo je kako se mekana tiskarska ploča bolje prilagođava tiskovnoj podlozi. S druge strane, tvrda tiskarska ploča stvara efekt praznine, ali je prirast RTV značajno manji.



Slika 5.3 Utjecaj tiskarske ploče na deformaciju rasterskog elementa prilikom djelovanja pritiska u procesu tiska

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

Fleksibilne tiskarske ploče omogućile su tisak na raznovrsnim podlogama upijajućih i neupijajućih karakteristika. Neke od podloga na koje se može vršiti tisak su folije, papir, karton, filmovi. Temeljni cilindar, odnosno njegov opseg jedan je od segmenata koji diktira veličinu tiskovnih ploča koje se mogu koristiti za tisak [31].

U procesu proizvodnje operateri za montažu tiskovnih ploča svaku ploču posebno montiraju na temeljni cilindar pomoću montažne trake. Broj ploča koje je potrebno aplicirati na temeljni cilindar te tvrdoća montažne trake ovisi o poslu koji će se odrađivati.

5.1 Gumene tiskarske ploče

U počecima izrade gumenih tiskovnih ploča, za izradu se primjenjivao prirodni ili umjetni kaučuk. Njihov nedostatak je slaba dimenzionalna stabilnost. Posljedica tog nedostatka je veliki prirast rasterskih elemenata. Važne karakteristike tiskovnih ploča za fleksotisak su: otpornost na habanje, otpornost na otapala, otpornost na kidanje, tvrdoća, elastičnost. Navedene karakteristike kod gumenih ploča postižu se oplemenjivanjem gume raznim suplementima kao što su: cinkov oksid, barit ili glina. Dotičnim suplementima poboljšava se elastičnost gumenih tiskovnih ploča. [30] Proizvodnja se sastoji od tri osnovna koraka, što je vidljivo u sljedećoj podjeli:

1. Priprema glavnog uzorka,
2. Izrada fenolnog matričnog kalupa glavnog uzorka,
3. Razvijanje kalupa gumene ploče iz matrice. [32]

U današnje vrijeme, gumene tiskarske ploče izrađuju se direktnim laserskim graviranjem, slika 5.4. Proces direktnog laserskog graviranja je brz te ga je moguće ponoviti bilo kada. Primjenom tehnologije dobiva se na kvaliteti tiskarske ploče. To se očituje u preciznom i oštrom 3D reljefu. Tisak finog teksta, detalja i vinjeta te postizanje kontrasta i sjaja primjenom modernih gumenih ploča je moguć. [33]

Tijekom godina gumene ploče znatno su kvalitativno napredovale. Njihova prednost je što su izdržljive te se često mogu do nekoliko puta koristiti za tisak velikih naklada. Bez obzira na poboljšanje kvalitete, i dalje je tendencija uporabe dotičnih tiskovnih ploča kod tiska punih tonova, a ne rastera. Tisak rasterskih elemenata nije toliko zadovoljavajući kao kod tiska fotopolimernim pločama.



Slika 5.4 Gumena tiskarska ploča montirana na temeljni cilindar

Izvor: <https://www.derma.hr/index.php/hr/usluge/izrada-tiskovnih-formi>

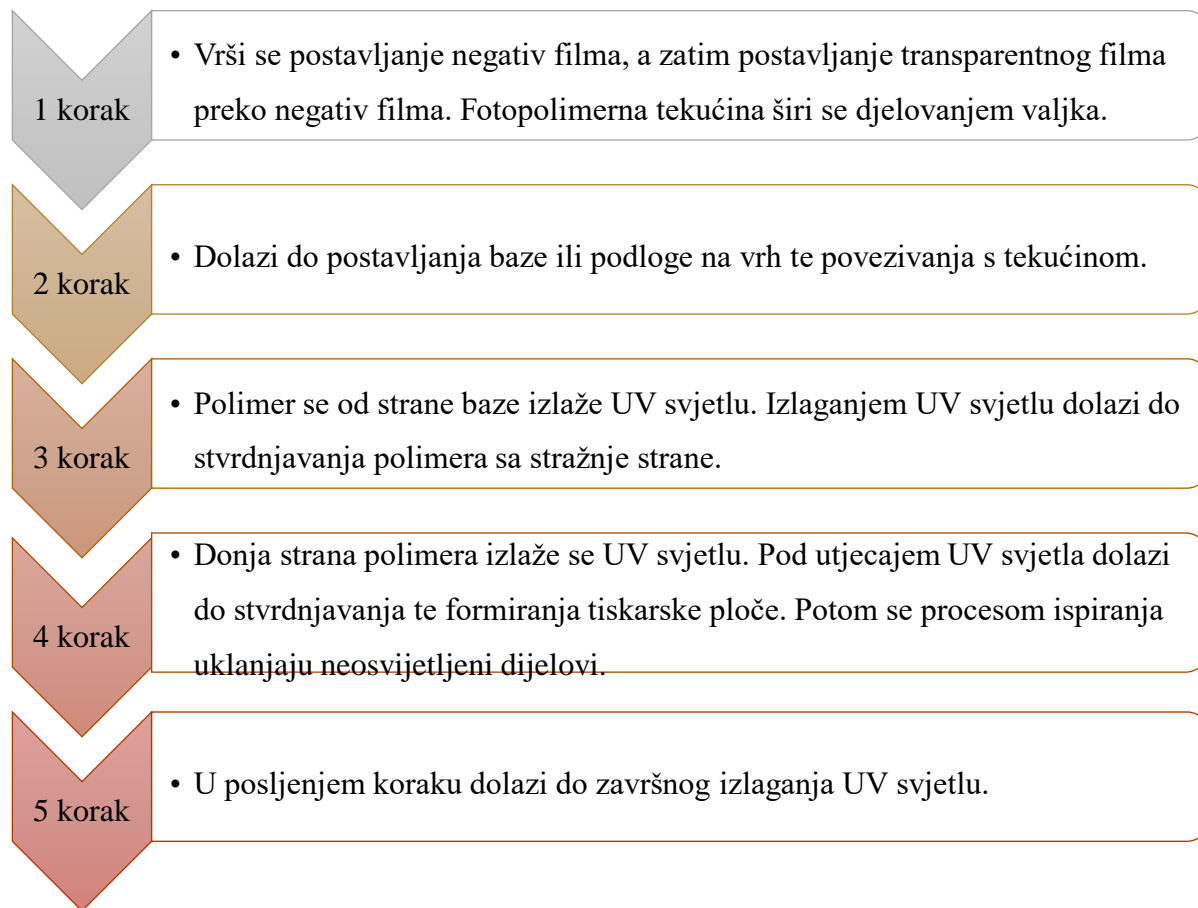
5.2 Fotopolimerne tiskarske ploče

Kada je riječ o fotopolimernim pločama, razlikujemo dva osnovna sustava: tekuća fotopolimerna ploča (eng. Liquid plates) i fotopolimerna ploča u arku (eng. Sheet plates).

5.2.1 Tekuća fotopolimerna ploča (eng. Liquid plates)

Kod izrade tekućih fotopolimernih ploča koriste se modificirani materijali poput propilenskih oligomera, poliestera, poliuretana, akrilata i fotoinicijatora. Prilikom procesa izrade sastav mješavine je bistar, blago žut te konzistencije meda pri sobnoj temperaturi. Tekuće fotopolimerne ploče i gumene ploče dijele oko 15% tržišta tiskovnih ploča. [32]

Ploča željene debljine formira se tehnikom lijevanja iz viskozne polimerne tekućine [10]. Postupak izrade tekuće fotopolimerne ploče opisan je u sljedećem prikazu, slika 5.5.



Slika 5.5 Postupak izrade tekuće fotopolimerne ploče, izradio autor prema Valdec, D.

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

5.2.3 Fotopolimerna ploča u arku (eng. Sheet plates)

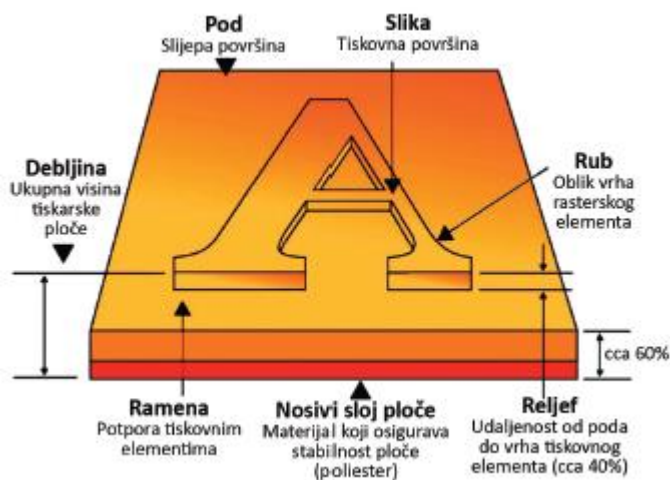
U procesu izrade konvencionalnim ili digitalnim postupkom ploča dolazi u obliku sirovog materijala. Obraduje se solventnim postupkom. Građa ove ploče sastoji se od sljedećih segmenata: poliesterske podloge, polimernog sloja i zaštitnog sloja. Ekspozicija ploča vrši se pomoću ultraljubičastog zračenja. [10]

U nastavku je prikazan solventni postupak izrade fotopolimerne ploče, slika 5.6.



Slika 5.6 Solventni postupak izrade fotopolimerne ploče, izradio autor prema Valdec, D.

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>



Slika 5.7 Glavni elementi obrađene tiskarske ploče

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

Slika 5.7 prikazuje glavne elemente obrađene tiskarske ploče. Prema slici može se zaključiti kako su glavni elementi tiskarske ploče: pod, slika, rub, reljef, nosivi sloj ploče, ramena i debljina. Mi ćemo ukratko spomenuti njih nekoliko. Slika je zapravo tiskovna površina koja pomoću bojila stvara otisak na tiskovnoj podlozi. Rub definira oblik vrha rasterskog elementa koji može biti zaobljen ili ravan, a svaki od njih pak ima neke svoje karakteristike koje utječu na kvalitetu tiska. Reljef definira udaljenost od poda do vrha tiskovnog elementa. Nosivi sloj izrađen je iz materijala koji omogućuje održavanje stabilnosti tiskarske ploče. Ramena služe kao potpora tiskovnom elementu te također utječu na proces tiska. Može se reći kako svaki od navedenih elemenata tiskarske ploče daje svoj doprinos u procesu tiska.

5.3 Konvencionalni postupak izrade tiskarske ploče

Kod izrade tiskovnih ploča konvencionalnim putem ploče se izlažu kroz negativ film optičke gustoće preko 4,0. Negativ film sadrži informacije o slici. „Negativ se postavlja u kontakt sa površinom gornje strane ploče i to tako da se emulzija okrene prema dolje, tzv. čitljivi negativ. Mjehurići zraka između negativa i polimera se istisnu, nakon čega slijedi UV izlaganje određene dužine trajanja ekspozicije koja djeluje kroz prozirni dio negativ filma“ [10, str. 36]. Kako između negativ filma i površine ploče ne bi nastala zračna barijera koristi se vakuum. Na djelu koji je bio eksponiran dolazi do procesa polimerizacije, a preostali dio se ispire otapalom. Važno je pravilno čuvanje ploče. Ploča treba ostati zaštićena posebnom zaštitnom folijom sve do procesa izlaganja. Isto tako, ploču treba očuvati od utjecaja UV svjetla, Sunca te fluorescentnih lampi. [10]

5.4 Digitalni postupak izrade tiskarske ploče

Razvojem digitalnog postupka izrade tiskovnih ploči iz primjene se izbacuje negativ film. Proces izrade tiskovnih formi ubrzan je zato što nema potrebe za predloškom. Kod digitalnog postupka od Raster Image Processora (RIP) ka uređaju za ispis, podatci se prenose na nekoliko načina.

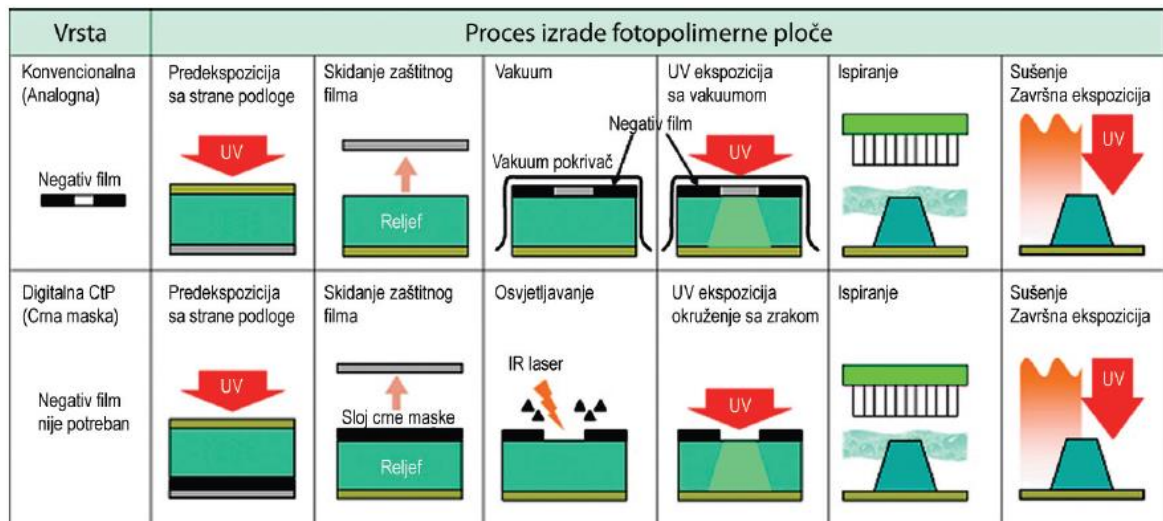
Uređaj za ispis može s RIP-om biti spojen direktno, gdje podaci direktno prelaze na uređaj za ispis. Drugi način je da podatci s RIP-a budu pohranjeni na tvrdi disk, a potom se ispisuju na tiskarsku ploču. Predložak je zamijenjen crnim karbonskim slojem. On je implementiran na gornji sloj tiskarske ploče te služi kao maska u procesu eksponiranja. Crni karbonski sloj uklanja se djelovanjem lasera za vrijeme procesa osvjetljavanja. Uklanjanjem crnog karbonskog sloja s tiskovnih površina nastaje negativ maska. Razvojem navedenog procesa povećavala se kvaliteta i učinkovitost. [15]

Većina tiskovnih ploča danas proizvedena je digitalnim CtP postupkom. Smatra se kako su ploče izrađene navedenim postupkom puno bolje od ploča izrađenih tradicionalnim postupcima. CtP postupak ima nekoliko prednosti, koje će biti spomenute u sljedećem odlomku.

Digitalni postupak izrade tiskarske ploče ima nekoliko prednosti. Jedna od prednosti je uklanjanje dodatnog koraka iz procesa izrade. To se postiže tako da kod procesa izrade više nema potrebe za negativ filmom koji prenosi sliku na ploču za ispis, slika 5.8. Isto tako, omogućena je i veća razina kvalitete u odnosu na druge postupke. Druga prednost je što CtP postupak smanjuje vrijeme potrebno za izradu tiskarske ploče. [34] Brža izrada rezultira i bržim procesom tiska. Ukoliko se cjelokupni proces ubrza, kompanija na tržištu ima dodatnu prednost u odnosu na kompanije koje ne koriste takvu tehnologiju.

Osim uklanjanja filma iz procesa izrade, CtP postupak ne iziskuje primjenu opasnih kemikalija [34]. Iz toga razloga CtP tehnologija se smatra ekološki prihvatljivijom. Smanjenje troškova zasigurno je značajna prednost ove tehnologije.

Potreba za korištenjem manje materijala, ušteda vremena i pojednostavljenje procesa utječu na smanjenje ukupnih troškova. Može se zaključiti kako primjenom CtP tehnologije dolazi do smanjenja troškova, a povećanja produktivnosti i brzine procesa. Također, primjenom navedene tehnologije postiže se ekološki prihvatljiviji načina poslovanja koji kompanijama daje jednu dodanu vrijednost na tržištu.



Slika 5.8 Usporedba faza rada analognog i digitalnog procesa izrade fotopolimerne tiskarske ploče

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

6. MONTAŽNA TRAKA

Montažna traka također je jedan od faktora koji značajno utječe na proces tiska. Pravilan odabir montažne trake doprinosi kvalitetnijem otisku. Konstantnim napredovanjem fleksotiska, svojstva montažne trake odnosno kvaliteta konstantno je napredovala. Danas postoji velik broj različitih montažnih traka od kojih svaka ima određena svojstva koja utječu na kvalitetu tiska. Tiskarska ploča na cilindar montira se upravo pomoću montažne trake. Montažna traka s obje strane ima ljepljiva svojstva. Jedna strana zalijepi se za cilindar, dok se na drugu stranu lijepi tiskarska ploča. Ona ne služi samo za montažu tiskarske ploče. Pomoću nje vrši se kompenzacija za nepravilnosti na površini tiskarske ploče.

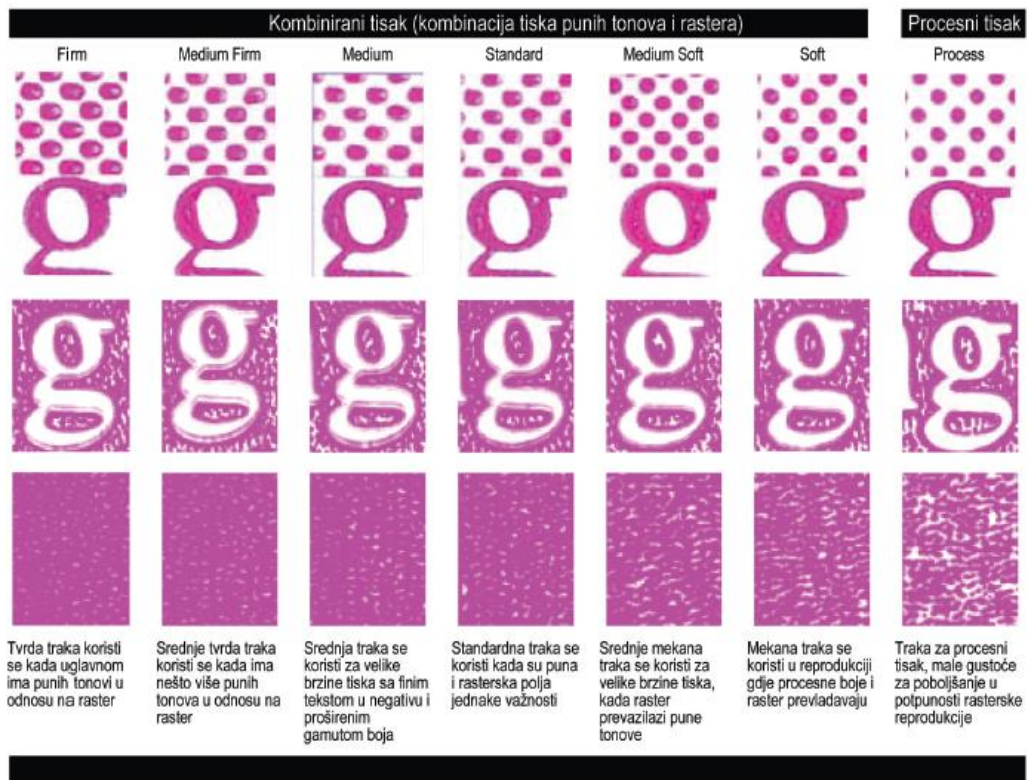
Montažnu traku definira zbijenost (gustoća čestica) ili, kako se u praksi kaže, tvrdoća. Njihova debljina kreće se od 0,38 mm do 3,0 mm. Debljina montažne trake mora biti manja od polovice debljine polimerne ploče. Odabirom montažne trake direktno se utječe na gustoću obojenja, kontrast te prirast RTV-a. [10]

Nisu sve montažne trake iste tvrdoće. Kod montiranja tiskarske ploče, ovisno radi li se o rasterskom elementu ili punom tonu, odabir montažne trake ovisi o njezinoj tvrdoći, slika 6.1.

Prilikom montaže tiskovnih ploča koje su rasterskog karaktera koriste se mekše montažne trake. Dakle, ukoliko je potrebno otisnuti neku finu rastersku sliku, treba primijeniti montažnu traku manje tvrdoće. S druge strane, kod tiska punih tonova primjenjuju se tvrđe montažne trake. Ukoliko se na istoj tiskovnoj ploči nalaze i rasterski elementi i puni ton, tada će se koristiti ljepilo srednje tvrdoće. [35,36]

Često se u praksi kod montaže jedne tiskarske ploče koriste i dvije ili više montažnih traka različite tvrdoće. U slučaju kada se na tiskovnoj ploči nalazi puni ton i sitni tekst koristit će se montažne trake različite tvrdoće. Tada se puni ton montira na tvrđu montažnu traku, a sitni tekst na mekanu montažnu traku kako bi otisak bio dobar. Isto tako, ukoliko je tiskarska ploča istrošena, često se pristupa korištenju različitih tvrdoća montažnih traka kako bi otisak bio zadovoljavajući.

Vidljivo je kako mnogi parametri utječu na odabir pravilne montažne trake. Također, često je potrebno i pronaći praktična rješenja u hodu kako bi tisak bio zadovoljavajuće kvalitete.



Slika 6.1 Odabir tvrdoće montažne trake u odnosu na zahtjeve procesa tiska

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

7. RASTRIRANJE I RASTERSKE TEHNOLOGIJE

Rastriranje u fleksotisku je specifično. Specifičnost rastriranja proizlazi iz karakteristika tiskarske ploče, a očituje se u elastičnosti i kompresibilnosti. Karakteristika fleksotiska je da se upravo kod malih rastertonskih vrijednosti često događa veliki prirast. Pojam raster može se prikazati kao sredstvo vršenja rastriranja. Rezultat procesa rastriranja je rasterski element. [15]

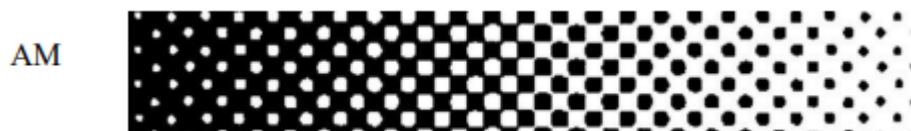
Višetonska reprodukcija moguća je iz razloga što je ljudsko oko tromo i ne može uočiti male pojedinačne rasterske elemente. Intenzitet je pak produkt zajedničke refleksije rasterskih elemenata. Što je veličina rasterskog elementa manja, teže ga je uočiti na otisku. Veličina i razmak parametri su prema kojima se rasteri međusobno razlikuju. Ta dva parametra također definiraju finoću rastera. Veličinu rasterskog elementa moguće je iskazati na dva načina. Putem postotka raster tonske vrijednosti ili putem gustoće obojenja (eng. Density). [15,37]

7.1 Klasifikacija rastera

Temeljna klasifikacija rastera je sljedeća: amplitudno modulirani rasteri (AM), frekventno modulirani raster (FM) i hibridni rasteri (XM). Osim navedenih rastera postoje i HD raster, rasteri visoke razlučivosti.

7.1.1 Amplitudno modulirani raster

Karakteristika amplitudno moduliranog rastera (eng. Amplitude Modulated Screening), slika 7.1, je što se na pravokutnoj mreži nalazi fiksni broj rasterskih elemenata. Kod navedene metode dolazi do modulacija na veličini rasterskih elemenata, a razmak između njih je kontinuiran [10]. Broj linija po inču (lpi) definira mrežu, a mreža određuje finoću rasterskog elementa.

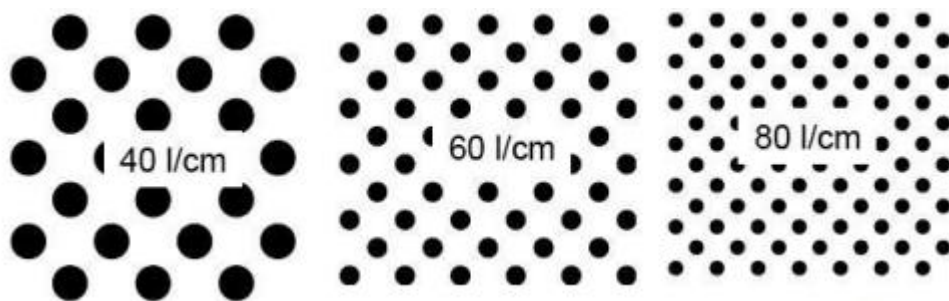


Slika 7.1 Amplitudno modulirani (AM) raster

Izvor: <https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>

„Veličina ili amplituda rasterskog elementa modulira se prema tonskim vrijednostima slike. Tamnije tonove stvaraju veći rasterski elementi, a u svjetlijim područjima rasterski elementi su manji [10, str. 20].“

Prednost AM metode vidljiva je u besprijekornom rastriranju srednjih tonova kod visokih linijatura. Gubitak sitnih rasterskih elemenata u svijetlim i tamnim tonovima nedostatak je navedene metode. Gubitkom sitnih rasterskih elemenata dolazi do gubitka detalja na slici. Posljedica toga je lošija kvalitete tiska te pojava efekta „posterizacije“. Posterizacija je pojava naglog „stepeničastog“ prijelaza umjesto glatkog. Javlja se kao posljedica naglih promjena u nijansama ili bojama kod elemenata s mekanim gradijentom. Također, uzroci posterizacije mogu biti i nagli prijelazi iz boje u boju. Kod AM rastriranja česta je pojava moiré efekta. Stoga se rastrirane separacije postavljaju na točno određeni kut. Rotacijom jednog uzorka za 30° smanjuje se uočljivost efekta moiré. Kao posljedica kutova graviranja aniloks valjka, u fleksotisku pojava efekta moiré je učestalija. Stoga se u fleksotisku svi kutovi procesnih boja rotiraju za 7,5°. Raster odnosno njegova finoća ovisi o namjeni za koju će se koristiti, tehnici tiska te boji. Stoga je AM raster moguće klasificirati na sljedeći način: grubi (do 30 l/cm), srednje fini (30-60 l/cm) i fini (60 l/cm i više), slika 7.2. [10,15]



Slika 7.2 Prikaz linijatura amplitudno moduliranog rastera

Izvor: <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>

7.1.2 Frekventno modulirani raster

Za frekventno modulirani raster, slika 7.3, karakteristično je da je veličina rasterskih elemenata identična, a frekvencija se modulira. Osim toga, kod FM (eng. Frequency Modulated Screening) rastera nema prisutnosti linijatura. Linijature nisu prisutne iz razloga što razmak između rasterskih elemenata nije jednak. Finoća FM rastera definirana je veličinom rasterskog elemenata, a ne linijaturom. Veličina mikro točaka kod FM rastera u rasponu je od 10-21µm. To je veličina koja je održiva na ploči i u tisku. Odlika FM rastera je i ta da na mreži nema postavljenih rasterskih elemenata. Umjesto toga, ovisno o tonskoj vrijednosti slike dolazi do nakupljanja mikro točaka. Točke se detaljno izračunavaju te su smještene velikom pažnjom. Upravo efekt nakupljanja omogućuje reprodukciju finih detalja. Po završetku procesa tiska, otisak više slični fotografiji nego rasterskoj reprodukciji. [10,37]

FM



Slika 7.3 Frekventno modulirani (FM) raster

Izvor: <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>

Prednost FM rastera očituje se kod reprodukcije svijetlih tonova. Također, prednost je što kod reprodukcije nema prisutnosti naglih prijelaza. Za FM raster nije karakteristično da dođe do stvaranja moiré efekta.

Stvaranje efekta moiré izbjegnuto je zbog toga što se kod FM rastera rasterski elementi ne postavljaju na fiksnu linijaturu. Kako svaka tehnologija ima prednosti, tako ima i nedostatke.

Kod prve generacije FM rastera kao nedostatak je uočena tendencija stvaranja zrnatog izgleda. Drugi nedostatak bio je veliki optički prirast. Dotični nedostatak karakterističan je za visoke razlučivosti koje se zasnivaju na malim rasterskim elementima. Pojavom druge generacije FM rastera problem oko zrnatosti je riješen. Osim navedenih problema, kod FM rastera dolazi do otežanog korigiranja boja. Razlog tome je problem koji se pojavljuje kod povećanja nanosa bojila. [10] Stoga, FM rasteri nisu najidealnije rješenje, a često su i predmet rasprave od strane struke.

7.1.3 Hibridni raster

Hibridni raster (XM) nastaje kombinacijom AM i FM rastera, slika 7.4. XM (eng. Cross Modulated Screening). Raster teži ka kombiniranju najboljih svojstava AM i FM rastera.

XM



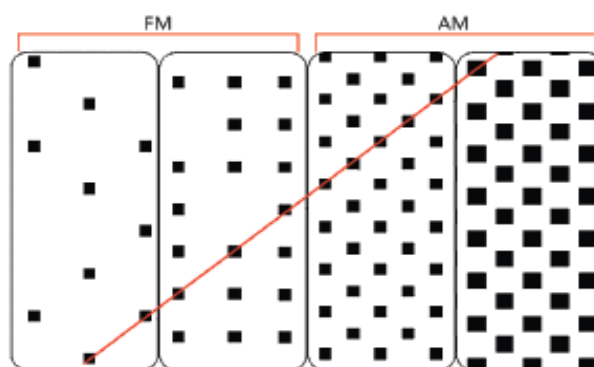
Slika 7.4 Hibridni (XM) raster

Izvor: <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>

Cilj je omogućiti primjenu visoke linijature rastera uz što manji napor u pripremi tiska. Kod svijetlih i tamnih tonova za stvaranje finih detalja primjenjuje se FM raster. AM raster primjenjuje se kod srednjih tonova i za dobivanje glatkih prijelaza. Isto tako, teži se tome da prijelaz iz jednog rastera u drugi bude gladak i što manje primjetan. Kod toga, važno je u obzir uzeti ograničavajuće čimbenike tiskarskog stroja i efikasnost procesa. XM tehnologija probleme koji se nalaze pred njom rješava na sljedeće načine. Kako bi se postigao glatki

prijelaz iz jednog rastera u drugi, vrši se precizno izračunavanje točke gdje će doći do izmjene rastera. [10]

„Na primjer, AM rasterski elementi postaju sve manji prilikom iscrtavanja svijetlih tonova, sve dok se ne postigne minimalna veličina rasterskog elementa koja se može reproducirati u tisku te se dalje više ne smanjuje. Od te točke pa na dalje rasterski elementi se ispuštaju sa mreže (eng. Take-out method) pružajući tako željeni ton (10, str. 24)“. Prethodno navedeno ispuštanje rasterskih elemenata s mreže vidljivo je na slici 7.5.

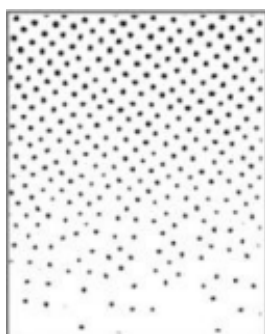


Slika 7.5 Metoda ispuštanja rasterskih elemenata s pravokutne mreže

Izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

Kod XM rastera prijelaz iz jednog tipa rastera u drugi tip kod tamnih tonova je također gladak. Valja napomenuti kako se taj prijelaz odvija bez vidljivog križanja, odnosno nema sjecišta tehnologija. [10]

Slika 7.6, prikazuje hibridni raster, takozvani samba raster. Kod njega se FM raster primjenjuje za rastertonske vrijednosti od 0-10 % i 90-100 % dok se AM raster koristi za preostale rastertonske vrijednosti [38]. Izumom XM rastera riješili su se mnogi problemi u tisku. Primjenom najboljih svojstava FM i AM metode te njihovom kombinacijom XM raster ima niz prednosti.



Slika 7.6 Hibridni raster (XM), takozvani samba raster

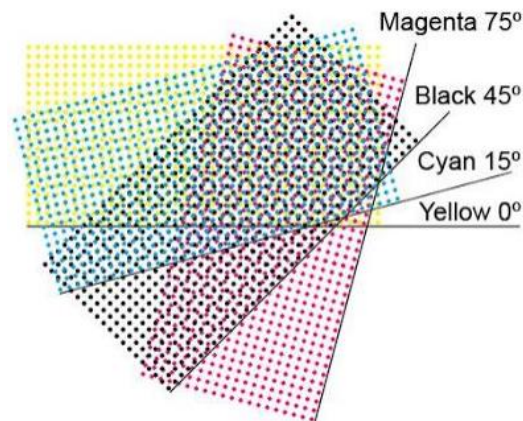
Izvor: http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf

7.2 Kutovi rastera

Uloga kutova rastera nije zanemariva. Naime, ukoliko kutovi rastera nisu pravilno postavljeni, dolazi do pojave efekta moiré. Kroz sljedeći odlomak bit će objašnjena važnost kutova rastera.

Proces tiska višebojne reprodukcije vrši se putem tiska osnovnih boja i crne boje. Osnovnim bojama smatraju se cyan, yellow i magenta. Kako bi višebojna reprodukcija bila ostvariva svaka boja ima svoju zasebnu ploču.

Putem procesa rastriranja omogućuje se reprodukcija tonova osnovnih boja. Problem pojave efekta moiré javlja se ukoliko kutovi rastera nisu dobro podešeni. Kako bi se navedeni problem izbjegao, potrebno je svaku boju postaviti pod određeni kut, slika 7.7. Aniloks valjak također ima svoju ulogu kod definiranja kuta rastera. Naime, kutovi rastera postavljaju se upravo prema aniloks valjku koji je graviran pod kutom 45° . Manji pomak kuta znači intenzivniju pojavu efekta moiré. Postavljanje različitih kutova rastera za pojedine boje osigurava da neće doći do preklapanja rasterskih točkica. Isto tako, važno je prilikom procesa tiska obratiti pažnju je li došlo do nekih anomalija u obliku i veličini rasterske točke. Ako su anomalije prisutne, dolazi do promjene raster tonske vrijednosti boje. [15,39]



Slika 7.7 Kutovi rastera

Izvor: <https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>

8. DEFORMACIJE RASTERSKIH ELEMENATA

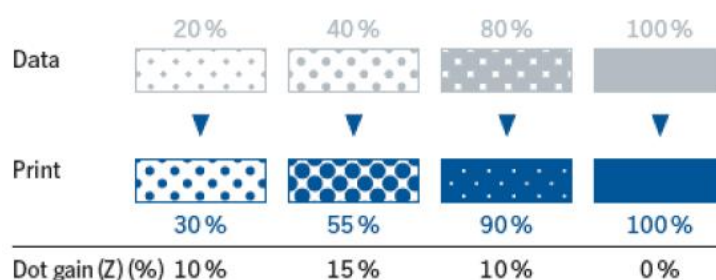
Bez obzira na razvoj tehnologije, fleksotisak i dalje ima određene nedostatke i probleme. Jasno je kako uvjeti procesa tiska direktno utječu na rasterske točke. Jedan od tih problema je deformacija rasterskih elemenata te će se o tome ukratko govoriti u ovome poglavlju.

Veličina rasterske točke i integralna gustoća točke na otisku pod direktnim su utjecajem uvjeta tiska. Promjene koje nastaju kod prijenosa tonских vrijednosti potrebno je kompenzirati u procesu pripreme. [40]

Valdec, Hajdek, et. all [41] u svome znanstvenom radu iznose sljedeću tvrdnju. Deformacija točke odnosi se na kvalitetu polutonskih točaka. Kvaliteta točke očituje se u oštrotini točke, glatkoći rubova i ujednačenoj gustoći točaka.

Rasterski elementi mogu imati pozitivan i negativan prirast, odnosno mogu se smanjiti i povećati. Povećanjem i smanjenjem rasterske točke dolazi do promjena na rasterskoj površini.

Promjene na rasterskoj površini uzrokuju nedobivanje željene optičke gustoće. Prirast se definira površinom kružnog vijenca rasterske točke, a izražava se u postocima, slika 8.1. Kružni vijenac može se opisati kao razlika između površina rasterskih točaka na originalu i dobivene površine točke nakon tiska. Linijatura rastera odnosno broj rasterskih točaka utječe na veličinu prirasta.

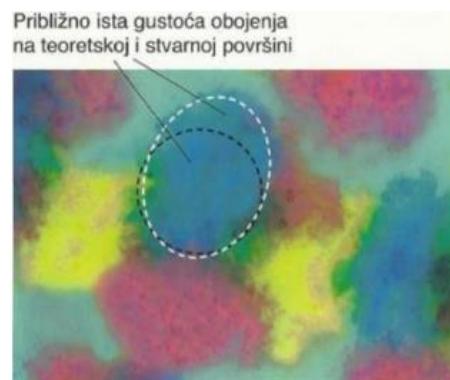


Slika 8.1 Prirast rasterskog elementa

Izvor: Valdec, D., Princip rada offseta

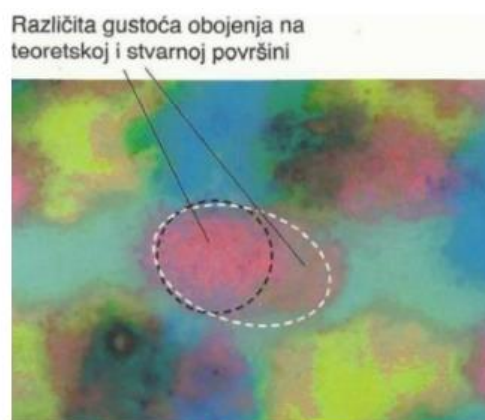
Prirast rasterskih elemenata sastoji se od dvije deformacije: geometrijske ili optičke. Geometrijska deformacija nastaje djelovanjem mehaničke sile prilikom procesa tiska. Tu dolazi do širenja rasterske točke uslijed pritiska tijekom procesa tiska. Događa se za vrijeme procesa tiska, ali i nakon njega. Najčešće se događa uslijed smicanja, razmazivanja i dubliranja. Smicanje je pojava izduženog ovalnog oblika rasterskih točaka, slika 8.2. Ton točke pritom ostaje isti. Uzrok pojave smicanja je neusklađenost cilindra. Dubliranje je pojava još jedne

slabije rasterske točke kraj otisnute rasterske točke, slika 8.3. One se međusobno ne pokrivaju u potpunosti, a ton točke je različit. Uzrokuje ga neusklađeno pokrivanje kod prijenosa bojila. Kod razmazivanja, ton točke varira od tamnijeg do svjetlijeg, slika 8.4. Pojavu razmazivanja uzrokuju mehanički utjecaji nastali nakon tiska. [15, 40]



Slika 8.2 Smicanje

Izvor: <https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>



Slika 8.3 Dubliranje

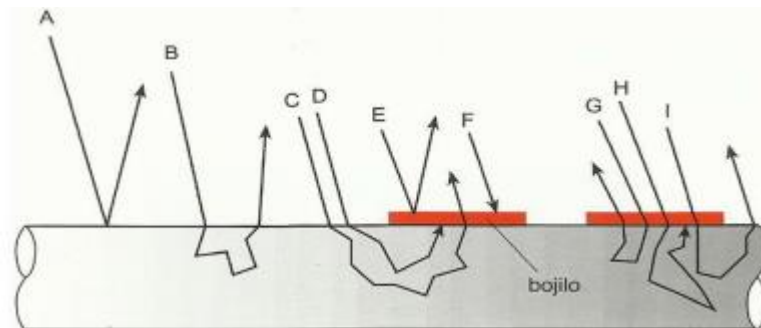
Izvor: <https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>



Slika 8.4 Razmazivanje

Izvor: <https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>

Kada je riječ o optičkoj deformaciji, ona se javlja uslijed refleksije svjetlosti s unutarnjih slojeva tiskovne podloge. Efekt refleksije svjetlosti od unutrašnjih slojeva naziva se „halo efekt“, slika 8.5. Posljedica halo efekta je proširenje rasterskog elementa. Problemi u tisku uzrokovani ovom deformacijom izbjegli bi se jedino u slučaju kada bi refleksija svjetlosti bila savršena. [15,40]



Slika 8.5 Refleksije svjetlosti na tiskovnoj podlozi

Izvor: <https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>

Prirast rasterskih elemenata definiran je sljedećim faktorima: vrstom i linijaturom rastera, vrstom tiskovne podloge, svojstvima bojila, uvjetima u procesu tiska. Manji rasterski element rezultira većom deformacijom. Greške su izraženije kod finijih rastera u odnosu na grublje. Kod finijih rastera greška je izraženija zato što oni imaju veći broj točkica po jediničnoj površini [40].

Sve navedene deformacije kao posljedicu imaju manju kvalitetu tiska. Stoga je važno pridavati pažnju navedenim problemima kako bi se oni sveli na minimum. Svođenjem problema na minimum ili potpunim uklanjanjem kvaliteta proizvoda će biti bolja, a kupac zadovoljniji.

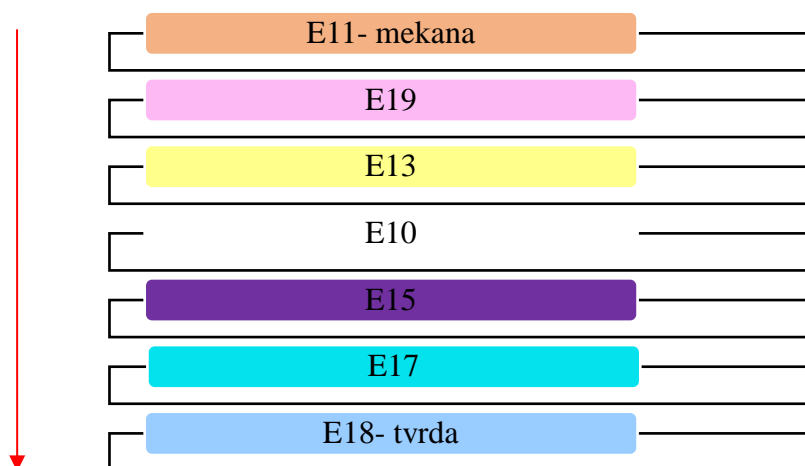
9. EKSPERIMENTALNI DIO

Poznato je kako je tisak djelatnost gdje i najmanja promjena uvjeta tiska ima utjecaj na krajnji ishod. Pod krajnjim ishodom u procesu tiska smatra se kvaliteta otisnutog proizvoda. Stoga, ovo istraživanje se bavi analizom tih utjecaja. Eksperimentalni dio rada sastoji se od dva dijela istraživanja. Prvi dio istraživanja obuhvaća analizu utjecaja tvrdoće montažne trake na gustoću obojenja punog tona (eng. Solid Density). Valdec u svome doktorskom radu navodi sljedeće: „Gustoća obojenja (eng. Density) uglavnom ovisi o pigmentaciji, koncentraciji i debljini filma bojila. Gustoća obojenja indirektno mjeri debljinu filma bojila, ali ne govori o percepcijskim karakteristikama boje. Povećanjem debljine filma bojila povećava se i gustoća obojenja, ali samo do određene granice nakon koje više ne raste [10, str 121.]“. Drugi dio istraživanja analizira utjecaj tvrdoće montažne trake na prirast raster tonske vrijednosti (RTV). Ranije, u teoretskom dijelu rada, u poglavlju broj osam o deformacijama rasterskih elemenata objašnjen je pojam prirasta raster tonske vrijednosti. Istraživanje je provedeno u tvrtki Muraplast d.o.o. u sektoru tiska. Cilj ovog eksperimenta je istražiti kako različite tvrdoće montažne trake utječu na gustoću obojenja i prirast raster tonske vrijednosti. Hipoteze koje su postavljene prilikom eksperimenta su sljedeće:

- Hipoteza 1: Veća tvrdoća montaže trake utječe na povećanje gustoće obojenja.
- Hipoteza 2: Tiskarska ploča montirana na montažnu traku veće tvrdoće rezultira većim prirastom RTV.

9.1 Metodologija i plan istraživanja

Proces istraživanja se sastoji od nekoliko koraka. Nakon utvrđene teme istraživanja, izrađen je plan provedbe. Prvi korak je izrada testne tiskarske ploče. Testna tiskarska ploča sastoji se od 4 identične testne slike. Sljedeći korak je odabir tvrdoća montažnih traka pomoću kojih će se istraživanje provoditi. U eksperimentu se koristi 5 vrsta montažnih traka proizvođača kompanije 3M: E19, E13, E15, E17, E18. Slika 9.1 prikazuje ponudu montažnih traka proizvođača 3M prema tvrdoći. Raspoređene su u padajućem nizu od najmekše prema najtvrdjoj. Svaka od prikazanih montažnih traka ima određenu tvrdoću, a također se razlikuju prema boji.

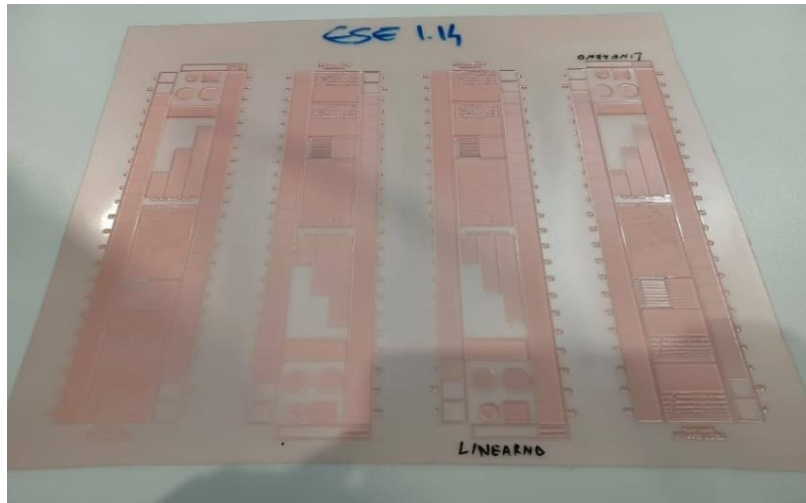


Slika 9.1 Tvrdoća 3M montažnih traka, od najmekše prema najtvrđoj

Izvor: Autor, prema 3M, Muraplast d.o.o.

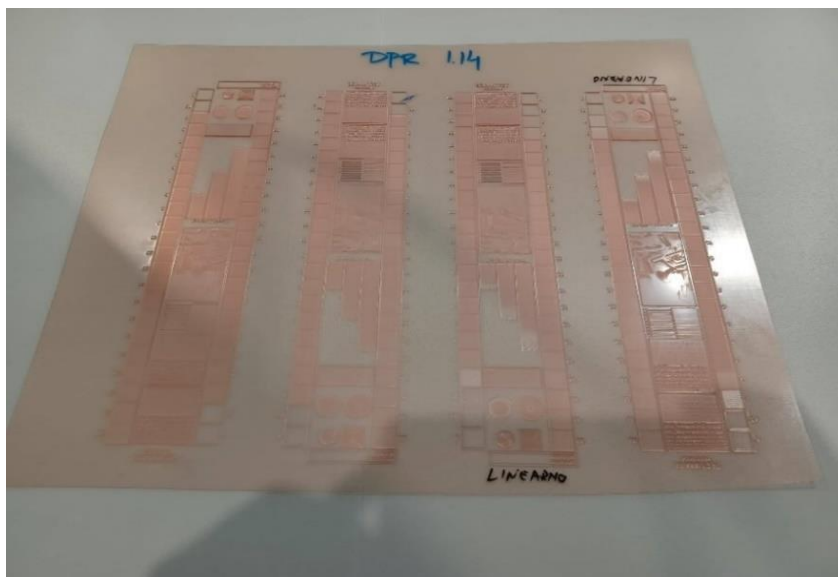
Odabrane montažne trake montirane su na temeljni cilindar opsega 380 mm. Zatim su se na montažne trake montirale tiskarske ploče.

Za potrebe istraživanja koristile su se dvije različite tiskarske ploče proizvođača DuPont, Cyrel Easy ESE i Cyrel Easy DPR (slike 9.2 i 9.3). Tiskarske ploče izrađene su digitalnim ESKO CtP postupkom. Prvotno se neosvijetljena tiskarska ploča s lasersko ablacijskim slojem ili LAMS slojem (eng. Laser Ablation Mask System) osvijetlila s stražnje strane djelovanjem UV svjetla. Na taj način donji sloj ploče se stvrdnuo pod utjecajem svjetla. Postupak predekspozicije odrađen je na stroju za osvjetljavanje polimernih ploča, DuPont Cyrel Fast 1000 ECLF. Pomoću uređaja Esko CDI spark 4620 izvršen je ispis tiskarskih ploča. Za glavnu ekspoziciju i na kraju sušenje koristio se stroj DuPont Cyrel Fast 1000 ECLF. Razvoj tiskarskih ploča odrađen je uređajem Concept 405 DW. Debljina tiskarskih ploča iznosi 1,14 mm. Mekša polimerna ploča DuPont ESE iznosi 74 Shore A, dok tvrdoća polimerne ploče DuPont DPR iznosi 76 Shore A. Obje korištene tiskarske ploče imaju spljoštene vrhove rasterskih točaka (eng. flat top dot).



Slika 9.2 DuPont ESE tiskarska ploča

Izvor: Autor



Slika 9.3 DuPont DPR tiskarska ploča

Izvor: Autor

Nakon što je proces montaže bio završen slijedio je proces tiska. Tisak za potrebe istraživanja odrađen je na bijeloj tiskovnoj podlozi LDPE (low density polyethylene) debljine 42 μm . Oznaka LDPE označava polietilen niske gustoće. Širina tiskovne podloge iznosila je 660 mm. Za svrhu istraživanja koristilo se solventno cyan bojilo proizvođača Sun Chemical. Za proces tiska koristio se aniloks valjak linijature 340 cpi, volumena 5,5 cm^3/m^2 . Tisak je odrađen kod konstantne brzine od 200 m/min. Koristile su se dvije različite tiskarske ploče proizvođača DuPont, ESE i DPR. Obje ploče su bile montirane na svaku od pet navedenih montažnih traka koje su se koristile u istraživanju. Proces tiska odrađen je na stroju Diamond HP, kompanije Uteco. Radi se o stroju s centralnim cilindrom te osam tiskovnih jedinica. Sustav obojenja je komorni sustav s rakelom. Maksimalna brzina ispisa iznosi 600 m/min.

Maksimalna širina folije na koju se može vršiti tisak iznosi 1300 mm. Minimalna duljina ponavljanja (eng. print repeat) u tisku iznosi 380 mm, a maksimalna 1250 mm. Tip rastera na tiskovnoj ploči je AM, linijature 48 l/cm.

Uređaj kojim se vršilo mjerenje naziva se X-Rite eXact advanced, slika 9.4. Uređaj je ujedno spektrofotometar i denzitometar.

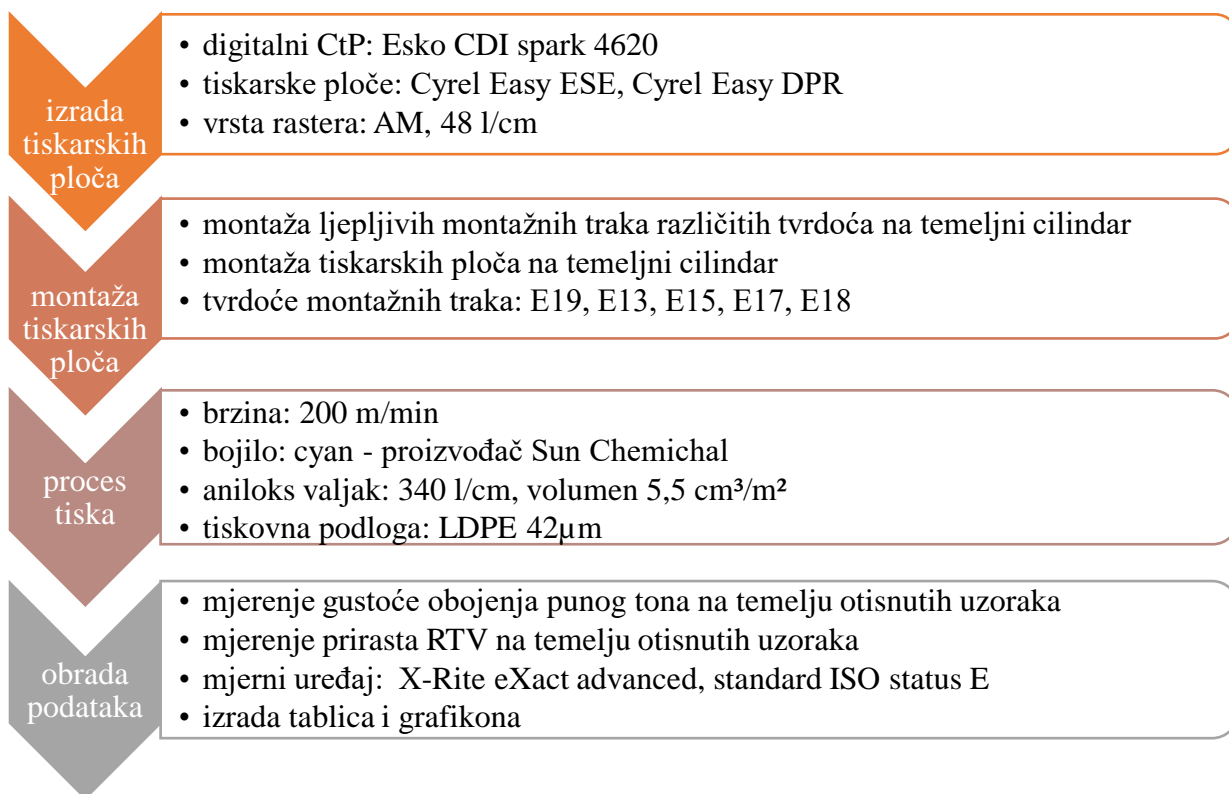


Slika 9.4 Mjerni uređaj, X-Rite eXact advanced

Izvor: <https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact>

Uređaj sadrži kolorimetrijske funkcije mjerenja i kontrole boja te potrebne denzitometrijske funkcije. Pomoću njih je moguće vršiti kontrolu kvalitete tiska uz visoki stupanj točnosti. Uređaj posjeduje podložak za bijelu referentnu točku pomoću koje se vrši automatska kalibracija. Pomoću uređaja moguće je mjeriti gustoću obojenja, prirast raster tonske vrijednosti, prihvaćanje bojila (eng. trapping) te CIE LAB i CIE LCH funkciju u CIE Lab ili CIE Lch prostoru boja. Uređaj ima postavke za primjenu standarda standarde kao što su: G7, ISO, PSO i japanski standard. Vrijeme mjerenja je manje od 1 sekunde. [42]

Za potrebe mjerenje koristio se ISO standard Status E. Pomoću uređaja mjerila su se dva parametra, gustoća obojenja te prirast RTV-a. Prije postupka mjerenja odrađena je kalibracija uređaja za mjerenje. Po završetku postupka kalibracije, odrađen je proces mjerenja. Prvo mjerenje provedeno je u svrhu utvrđivanja utjecaja tvrdoće montažne trake na gustoću obojenja. Gustoća obojenja mjerena je za tiskarsku ploču ESE i DPR na pet različitih tvrdoća montažnih traka. Mjerenje gustoće obojenja punog tona izvršeno je na testnom polju 100% RTV na otiscima. U drugom dijelu istraživanja istražuje se utjecaj tvrdoće montažne trake na prirast RTV. Mjerenje stvarne vrijednosti RTV odnosu na nominalnu (teoretsku) vrijednost RTV odrađeno je na mjernim poljima na otiscima. Po završetku mjerenja odrađena je analiza i interpretacija dobivenih podataka.



Slika 9.5 Postupak provođenja eksperimenta

Izvor: Autor



Slika 9.6 Otisnuti uzorak na kojem se provodi mjerenje

Izvor: Autor

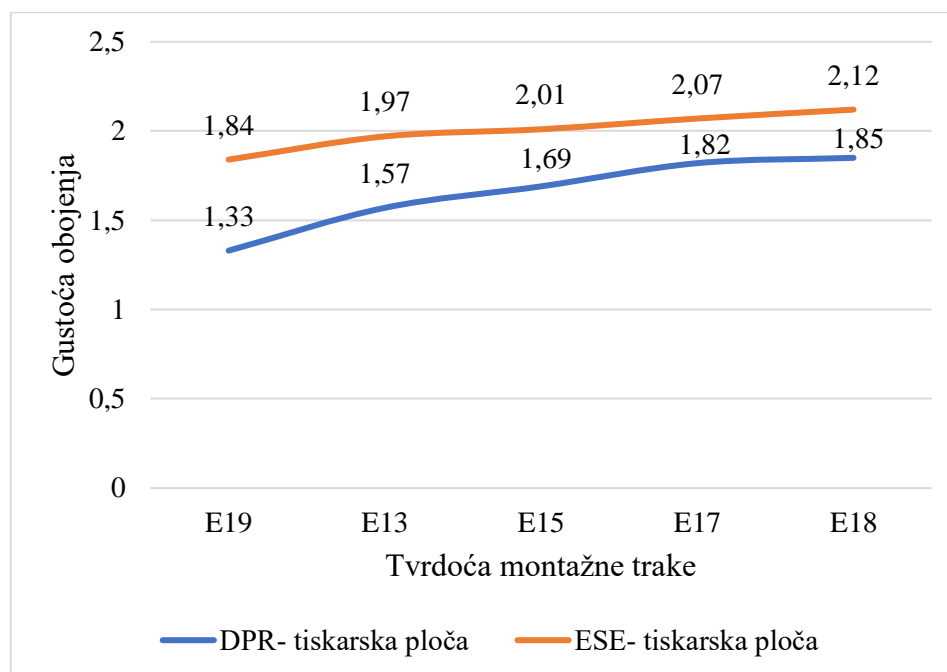
Slika 9.6 prikazuje testni otisak na kojem se provodi mjerenje u svrhu istraživanja. Kao što je vidljivo otisak je otisnut u cyanu.

10. REZULTATI I DISKUSIJA

Kroz ovo poglavlje obradit će se podatci prikupljeni mjerenjem. Dobiveni podatci bit će prikazani putem tablica i grafova.

Tablica 10.1 Gustoća obojenja punog tona (D) DuPont ESE i DPR tiskarska ploča

	Tvrdća 3M montažne trake				
	E19	E13	E15	E17	E18
D (ESE)	1,84	1,97	2,01	2,07	2,12
D (DPR)	1,33	1,57	1,69	1,82	1,85



Slika 10.1 Grafički prikaz gustoće obojenja punog tona (D_{max}) za DuPont ESE i DPR tiskarsku ploču kod pet vrsta montažnih traka

Iz grafa 10.1 vidljivo je kako je vrijednost gustoće obojenja punog tona za tiskarsku ploču DuPont ESE najmanja kod najmekše montažne trake E19 i iznosi 1,84. Kombinacija mekanog fotopolimera i mekane montažne trake nije zadovoljavajuća za reprodukciju punih tonova. Mekana montažna traka ne stvara učinkovitu potporu polimernoj ploči za ravnomjerni prijenos bojila tijekom tiska što onda rezultira prazninama (eng. pinholing) na otisku punog tona. Najveća gustoća obojenja javlja se kod najtvrdje montažne trake E18 te iznosi 2,12. Razlog tome je, što tvrdje montažne trake E18, kod tiska punog tona, omogućuju ravnomjerniji pritisak i ujednačeniji nanos bojila. Kod tiska punih tonova, primjenom tvrdje montažne trake, dolazi

do sprječavanja pojave praznine na otisku. Dakle, može se reći kako kombinacija mekane tiskarske ploče i tvrde montažne trake daje najbolje rezultate, odnosno najkvalitetniji otisak punog tona. Za DuPont DPR tiskarsku ploču, gustoća obojenja punog tona najmanja je kod najmekše montažne trake E19 i iznosi 1,33. Kombinacija tvrdog fotopolimera s mekanom montažnom trakom nije pogodna za reprodukciju punih tonova. Naime, tvrđi fotopolimer ne može ravnomjerno prijanjati na tiskovnu podlogu, a mekana montažna traka daje mu slabu potporu što rezultira neravnomjernim otiskom sa pojavom efekta praznina. Kod DuPont DPR tiskarske ploče, najveća gustoća obojenja javlja se kod najtvrđe montažne trake E18, te iznosi 1,85. Navedenom kombinacijom se ostvaruje veća gustoća obojenja punog tona jer je pritisak ravnomjerniji, a nanos bojila ujednačeniji. Međutim, navedenu kombinaciju trebalo bi izbjegavati zato što bi tvrđa tiskarska ploča u kombinaciji s tvrdom montažnom trakom mogla uzrokovati pojavu praznina na otisku. Promatrajući krivulje gustoće obojenja punog tona, vidljivo je kako s povećanjem tvrdoće montažne trake dolazi do povećanja gustoće obojenja punog tona. Dakle, gustoća obojenja punog tona ovisi o tvrdoći montažne trake koja se primjenjuje prilikom tiska te o tvrdoći tiskarske ploče.

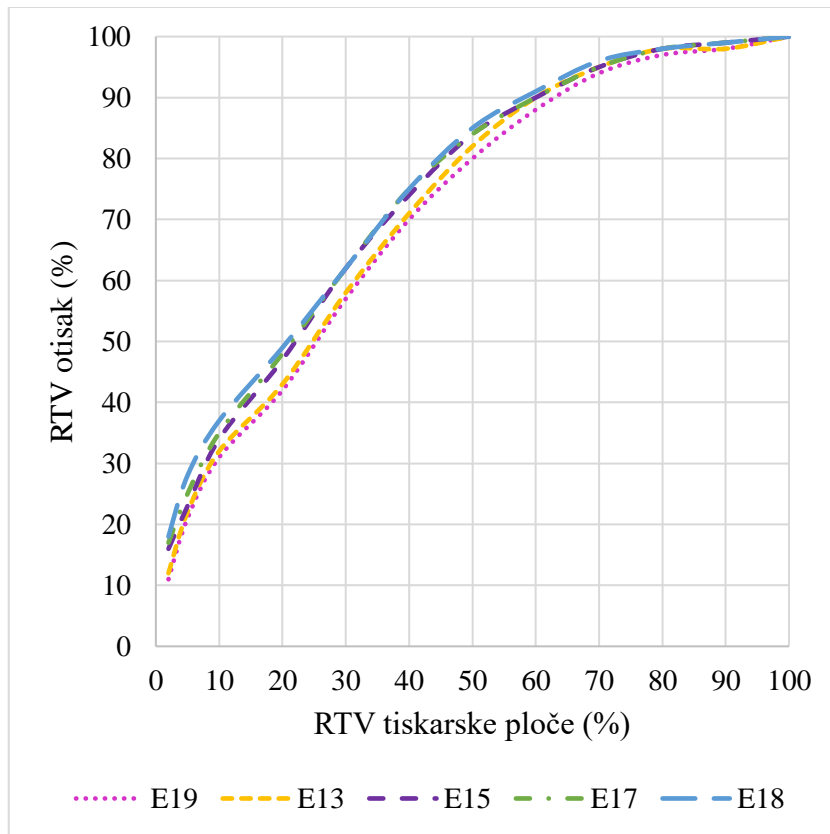
Tablica 10.2 RTV vrijednosti izmjerene na otiscima nastalih pomoću DuPont ESE tiskarske ploče te pet vrsta montažnih traka

Tiskarska ploča DuPont ESE	Tvrdoća 3M montažne trake				
	E19	E13	E15	E17	E18
Nominalna RTV vrijednost					
2%	11%	12%	16%	17%	18%
5%	21%	22%	23%	25%	28%
10%	31%	32%	34%	35%	37%
20%	42%	43%	47%	48%	49%
30%	57%	58%	62%	62%	62%
40%	70%	71%	74%	75%	75%
50%	80%	82%	84%	84%	85%
60%	88%	90%	90%	90%	91%
70%	94%	95%	95%	95%	96%
80%	97%	98%	98%	98%	98%
90%	98%	98%	99%	99%	99%
100%	100%	100%	100%	100%	100%

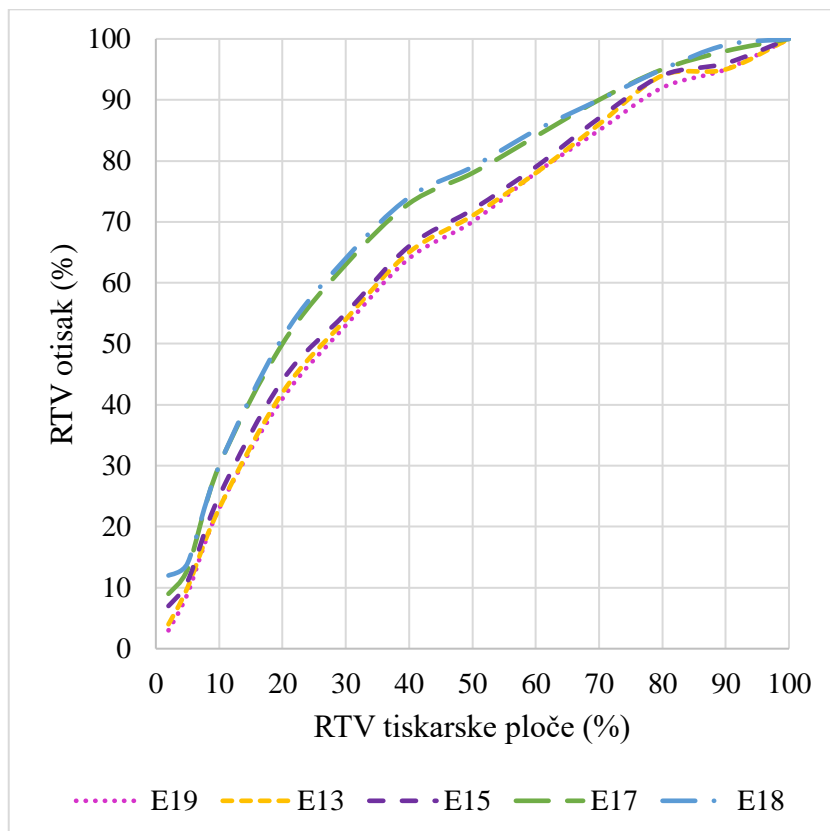
Tablica 10.3 RTV vrijednosti izmjerene na otiscima nastalih pomoću DuPont DPR tiskarske ploče te pet vrsta montažnih traka

Tiskarska ploča DuPont DPR	Tvrdoća 3M montažne trake				
Nominalna RTV vrijednost	E19	E13	E15	E17	E18
2%	3%	4%	7%	9%	12%
5%	9%	10%	11%	13%	16%
10%	23%	23%	25%	30%	30%
20%	41%	42%	44%	50%	51%
30%	53%	54%	55%	63%	64%
40%	64%	65%	65%	73%	74%
50%	70%	71%	72%	78%	79%
60%	78%	78%	79%	84%	85%
70%	85%	86%	87%	90%	90%
80%	92%	94%	94%	95%	95%
90%	95%	95%	96%	98%	99%
100%	100%	100%	100%	100%	100%

Iz tablica 10.2 i 10.3 moguće je iščitati vrijednosti izmjerenog RTV u odnosu na nominalni RTV. RTV je mjereno na različitim tvrdoćama montažne trake, od najmekše E19 pa do najtvrđe E18. Također, na mjerenje su utjecale i tiskarske ploče koje su različitih tvrdoća. Mekša tiskarska ploča je DuPont ESE, tvrdoće 74 shore A, a tvrđa je DuPont DPR, tvrdoće 76 shore A. Iz tablica je vidljivo kako vrijednosti RTV rastu s povećanjem tvrdoće montažne trake. Kod DuPont ESE tiskarske ploče, obzirom na različitu tvrdoću montažne trake, izmjereni RTV je veći nego kod DPR ploče. Razlog tome je taj što je tiskarska ploča DuPont ESE manje tvrdoće, 74 shore A pa su prirasti RTV veći. Najveći izmjereni RTV u odnosu na nominalni RTV javlja se kod najtvrđe montažne trake E18, a najmanji kod najmekše montažne trake E19.



Slika 10.2 Krivulje stvarne reprodukcije za DuPont ESE tiskarsku ploču za pet montažnih traka

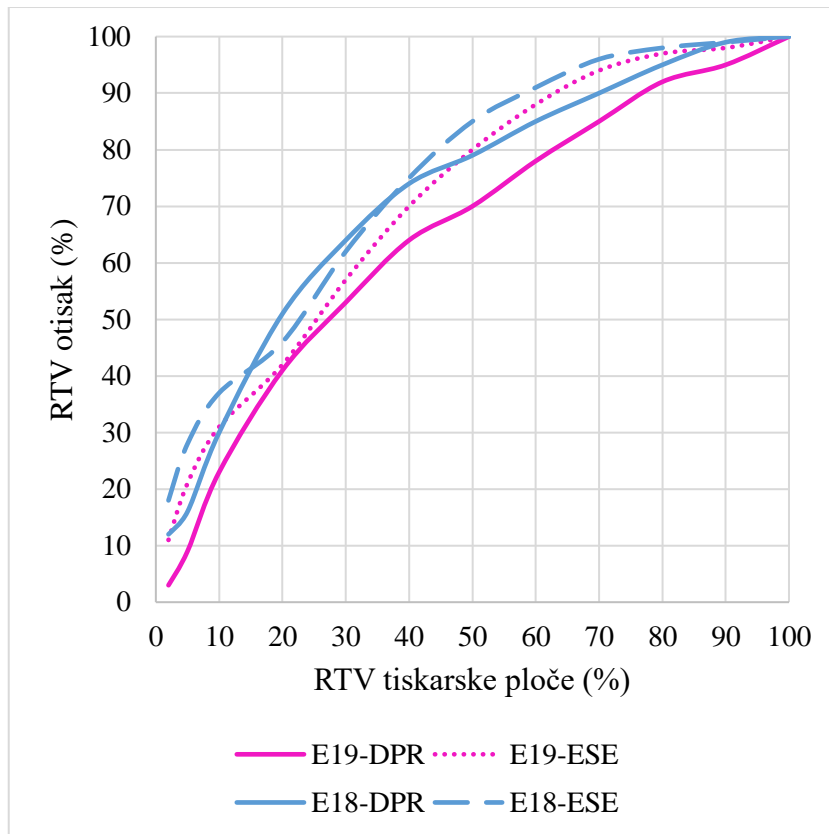


Slika 10.3 Krivulje stvarne reprodukcije za DuPont DPR tiskarsku ploču za pet montažnih traka

Na temelju podataka iz tablice 10.2 i 10.3 konstruirane su krivulje stvarne reprodukcije za ESE i DPR tiskarske ploče kod pet montažnih traka. Analizom grafova sa slika 10.2 i 10.3 može se vidjeti na koji način se rasterski elementi ponašaju u različitim uvjetima tiska, odnosno kod određene tvrdoće montažne trake. Također, pomoću njih može se uvidjeti vrijednost izmjerenih RTV odnosu na idealnu reprodukciju. Kod idealne reprodukcije tonova, krivulja bi bila u obliku pravca pod kutom od 45° . Uslijed djelovanja raznih faktora, prilikom procesa tiska, dolazi do prirasta RTV ona postaje više eksponencijalna. Kao što je vidljivo, kod DuPont ESE i DuPont DPR tiskarske ploče, najveće vrijednosti izmjerenog RTV, javljaju se kod najtvrdje montažne trake E18. S druge strane, najmanje vrijednosti izmjerenog RTV, kod spomenutih tiskarskih ploča, javljaju se kod najmekše montažne trake E19.

Najveći izmjereni RTV u odnosu na nominalni RTV javlja se kod srednjih tonova za obje tiskarske ploče. Međutim, kod DuPont ESE tiskarske ploče najveće relativno odstupanje od nominalnih vrijednosti zabilježeno je kod 30–40% RTV dok je kod DuPont DPR najveće relativno odstupanje zabilježeno kod 50% RTV. Kao primjer može se navesti RTV izmjeren kod montažne trake E15 koji iznosi 74% RTV kod ESE tiskarske ploče odnosno 66% RTV kod DPR tiskarske ploče. Na temelju grafova može se uočiti kako je kod DPR tiskarske ploče u području nominalne vrijednosti 20-70% RTV značajno veća vrijednost stvarnog RTV kod montažnih traka E17 i E18 u odnosu na E19, E13 i E15. Razlog tome je što je prirast RTV kod tvrđe tiskarske ploče DuPont DPR primjenom tvrdih montažnih traka veći iz razloga jer se manje amortiziraju udarci tiskovnog cilindra u odnosu na mekše montažne trake. Kod montažnih traka E19, E13 i E15 te vrijednosti su relativno jednake.

Iz krivulja se može zaključiti da što je montažna traka tvrđa, vrijednosti izmjerenog RTV u odnosu na nominalni RTV su veće te je vidljivo da tvrdoća montažne trake značajno utječe na vrijednosti RTV. Također, grafovi jasno pokazuju da su za istovjetna testna polja vrijednosti RTV veće kod mekše DuPont ESE tiskarske ploče.



Slika 10.4 Krivulje stvarne reprodukcije za DuPont DPR i ESE tiskarske ploče za montažne trake E19 i E18

Graf na slici 10.4 na temelju podataka iz tablica 10.2 i 10.3 prikazuje krivulje stvarne reprodukcije DuPont DPR i ESE tiskarskih ploča u kombinaciji s montažnom trakom montiranih na montažne trake E19 i E18. E19 montažna traka je najmekša traka koja se koristila u istraživanju, dok je E18 najtvrdja. Stvarna izmjerena vrijednost kod DuPont tiskarske ploče ESE, na montažnoj traci E19, veća je od vrijednosti u odnosu na DuPont DPR tiskarsku ploču. Promatrajući krivulje vidljivo je kako do najveće razlike između DuPont DPR i ESE tiskarske ploče u vrijednosti RTV dolazi u području nominalne vrijednosti 40-90% RTV. Kod montažne trake E19, za obje tiskarske ploče najveći izmjereni RTV u odnosu na nominalni RTV javlja se kod vrijednosti 40% RTV i 50% RTV. Kod najsvjetlijih tonova 2% RTV i 5% RTV, izmjereni RTV u kombinaciji s montažnom trakom E19 za DuPont ESE tiskarsku ploču veći je u odnosu na izmjereni RTV za DuPont DPR tiskarsku ploču. Evidentno je kako je kod DuPont DPR tiskarske ploče izmjereni RTV u odnosu na nominalni RTV u najsvjetlijim tonovima znatno niži nego kod DuPont ESE tiskarske ploče. Izmjereni RTV je kod DuPont DPR tiskarske ploče niži iz razloga što je DuPont DPR ploča tvrdja pa su prirasti RTV manji nego kod mekše DuPont ESE tiskarske ploče.

Promatrajući krivulje stvarne reprodukcije za DuPont tiskarske ploče ESE i DPR, kod montažne trake E18, može se uvidjeti sljedeće. U području najsvjetlijih tonova 2% RTV i 5% RTV izmjereni RTV je veći kod DuPont ESE tiskarske ploče. U području nominalne vrijednosti od 20% RTV i 30% RTV veći RTV je izmjeren za DuPont DPR tiskarsku ploču. Nakon nominalne vrijednosti od 40% RTV veće vrijednosti RTV ima DuPont ESE tiskarska ploča. Iz ovog grafa može se još jednom potvrditi kako tvrdoća montažne trake utječe na stvarnu reprodukciju.

Kod tvrde montažne trake E18 izmjereni RTV ima veće vrijednosti, nego kod mekane montažne trake E19. Tvrđa montažna traka uzrokuje veći prirast RTV, stoga je i vrijednost izmjerenog RTV veća. Iz grafa je također vidljivo kako kombinacija mekše tiskarske ploče i tvrde montažne trake rezultira najvećim vrijednostima izmjerenog RTV.

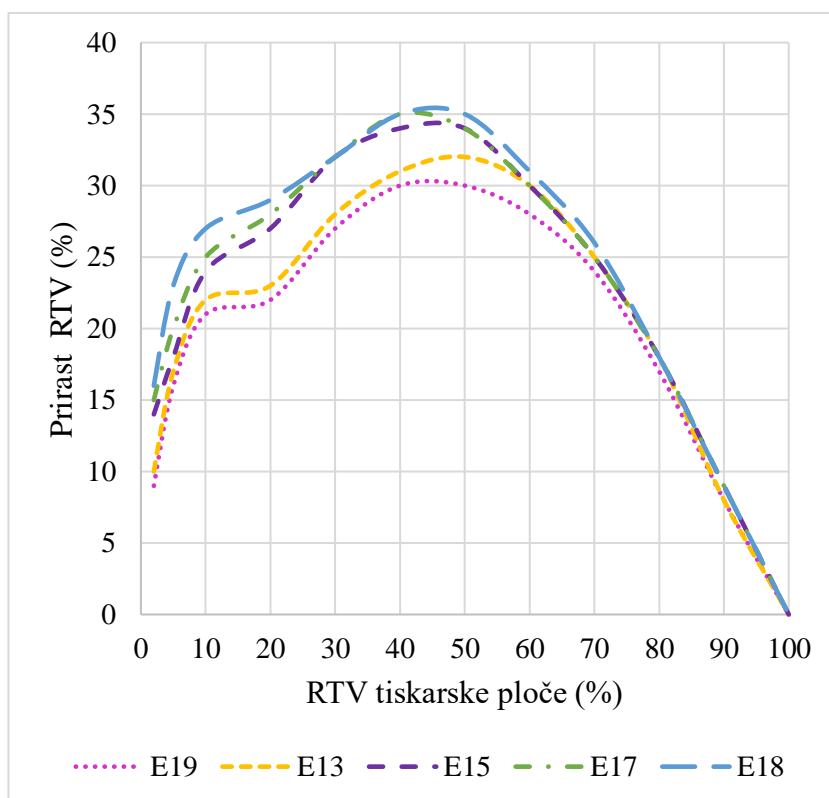
Tablica 10.4 Prirasti RTV vrijednosti izmjerenih pomoću DuPont ESE tiskarske ploče te pet vrsta montažnih traka

Tiskarska ploča DuPont ESE	Tvrdoća 3M montažne trake				
Nominalna RTV vrijednost	E19	E13	E15	E17	E18
2%	9%	10%	14%	15%	16%
5%	16%	17%	18%	20%	23%
10%	21%	22%	24%	25%	27%
20%	22%	23%	27%	28%	29%
30%	27%	28%	32%	32%	32%
40%	30%	31%	34%	35%	35%
50%	30%	32%	34%	34%	35%
60%	28%	30%	30%	30%	31%
70%	24%	25%	25%	25%	26%
80%	17%	18%	18%	18%	18%
90%	8%	8%	9%	9%	9%
100%	0%	0%	0%	0%	0%

Tablica 10.5 Prirasti RTV vrijednosti izmjerenih pomoću DuPont DPR tiskarske ploče te pet vrsta montažnih traka

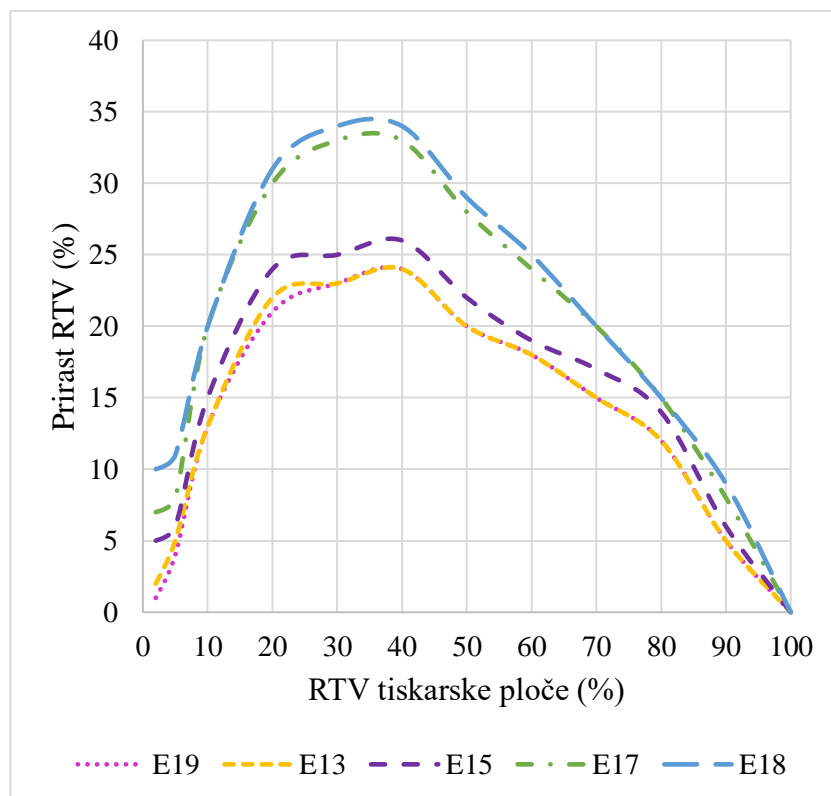
Tiskarska ploča DuPont DPR	Tvrdoća 3M montažne trake				
	E19	E13	E15	E17	E18
Nominalna RTV vrijednost					
2%	1%	2%	5%	7%	10%
5%	4%	5%	6%	8%	11%
10%	13%	13%	15%	20%	20%
20%	21%	22%	24%	30%	31%
30%	23%	23%	25%	33%	34%
40%	24%	24%	26%	33%	34%
50%	20%	20%	22%	28%	29%
60%	18%	18%	19%	24%	25%
70%	15%	15%	17%	20%	20%
80%	12%	12%	14%	15%	15%
90%	5%	5%	6%	8%	9%
100%	0%	0%	0%	0%	0%

Na temelju podataka iz tablica 10.2 i 10.3 izračunat je prirast RTV za obje DuPont tiskarske ploče u kombinaciji sa pet montažnih traka koji je prikazan u tablicama 10.4. i 10.5.



Slika 10.5 Krivulje prirasta RTV za DuPont ESE tiskarsku ploču na pet montažnih traka

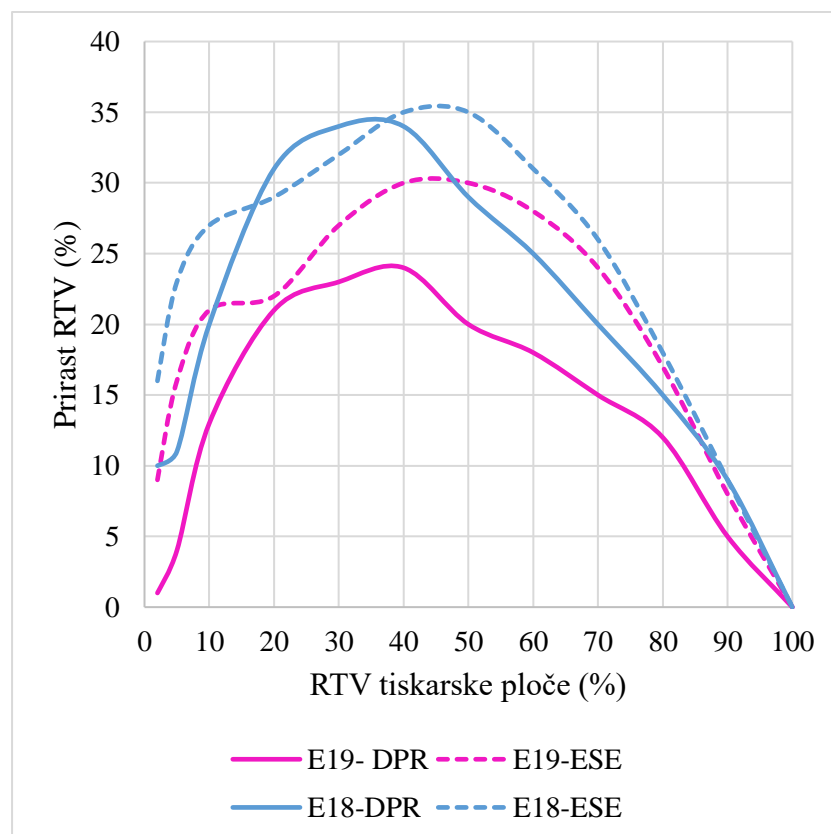
Kod DuPont ESE tiskarske ploče, najveći prirast RTV javlja se u području srednjih tonova, odnosno nominalne vrijednosti 40% RTV i 50% RTV i tvrde montažne trake E18. Kod nominalne vrijednosti 40% RTV i 50% RTV te montažne trake E18 prirast RTV iznosi 35% RTV. Kod montažne trake E19 prirast RTV je iznosio 30% RTV. Prirast RTV kod najsvjetlijih tonova 2% RTV i 5% RTV za montažnu traku E19 iznosio je 9% RTV odnosno 16% RTV. Montažna traka E18 kod istih tonova polučila je prirast RTV od 16% RTV i 23% RTV. Iz grafa je moguće zaključiti kako tvrdoća montažne trake E18 utječe na veće vrijednosti prirasta. Najmanje vrijednosti prirasta RTV javljaju se kod nominalne vrijednosti 80% RTV i 90% RTV. Za DuPont ESE tiskarsku ploču u području nominalne vrijednosti 10-50% RTV vidljiva je značajna razlika prirasta RTV između montažne trake E19 i E13 u odnosu na E15, E17 i E18. Razlog tome je što su montažne trake E19 i E13 mekše u odnosu na preostale montažne trake pa je i prirast RTV manji.



Slika 10.6: Krivulje prirasta RTV za DuPont DPR tiskarsku ploču na pet montažnih traka

Iz grafa za DuPont DPR tiskarsku ploču, slika 10.6, može se zaključiti sljedeće. Najveći prirast javlja se kod srednjih tonova, odnosno nominalne vrijednosti 30% RTV i 40% RTV i tvrde montažne trake E18. U području najsvjetlijih tonova 2% RTV i 5% RTV montažna traka E18 polučila je prirast od 10% RTV i 11% RTV. S druge strane, kod montažne trake E19 prirast RTV je iznosio svega 1% RTV odnosno 4% RTV. Dakle, DuPont DPR tiskarska ploča u

kombinaciji s mekšom montažnom trakom uzrokovala je manji prirast RTV. DuPont DPR tiskarska ploča najmanji prirast RTV ostvarila je kod nominalne vrijednosti 2% RTV i 90% RTV. Kod kombinacije DuPont DPR tiskarske ploče i montažnih traka vidljiva je očita razlika u prirastu RTV s obzirom na tvrdoće montažnih traka. Prirast RTV kod tvrdih montažnih traka E17 i E18 ima izrazito više vrijednosti u području nominalne vrijednosti 20-60% RTV u odnosu na montažne trake E19, E13. Montažna traka E15 varira, na jednom dijelu krivulje po vrijednosti prirasta RTV bliža je tvrdim montažnim trakama E17 i E18, dok je na drugom djelu krivulje bliža mekšim montažnim trakama E19 i E13.



Slika 10.7 Krivulje prirasta RTV za DuPont DPR i ESE tiskarsku ploče za montažne trake E19 i E18

Promatrajući graf sa slike 10.7 vidljivo je sljedeće. Kod obje DuPont ESE i DPR tiskarske ploče najveći prirast RTV javljaj se kod srednjih tonova 40% RTV i 50% RTV. Iz krivulja je vidljivo kako je DuPont ESE tiskarska ploča u kombinaciji s montažnim trakama u pravilu imala veći prirast RTV, u odnosu na DuPont DPR tiskarsku ploču.

Kod najsvjetlijih tonova 2% RTV i 5% RTV, DuPont ESE tiskarska ploča u kombinaciji s montažnom trakom E19, imala je veći prirast RTV od DuPont DPR tiskarske ploče. Kod obje tiskarske ploče, u kombinaciji s montažnom trakom E18, prirast RTV ima veće vrijednosti.

Vrijednosti prirasta RTV u tom slučaju su veće iz razloga što je montažna traka E18 tvrda. U području srednjih tonova, prirast RTV za tiskarsku ploču ESE u kombinaciji s montažnom trakom E18 također je veći nego kod DuPont DPR tiskarske ploče. Prirast RTV iznosio je 35% RTV za DuPont ESE tiskarsku ploču dok je za DuPont DPR tiskarsku ploču prirast RTV iznosio 34% RTV. Također, iz grafa je vidljivo kako je mekša DuPont ESE tiskarska ploča u kombinaciji s mekšom montažnom trakom E19 u nekim područjima ostvarila veći prirast RTV u odnosu na tvrđu DuPont DPR tiskarsku ploču s montažnom trakom E18. To se može vidjeti u području nominalne vrijednosti 50-80% RTV. Iz spomenutog primjera može se potvrditi kako tvrdoća tiskarske ploče ima značajan utjecaj na prirast RTV.

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti kako tvrdoća montažne trake u kombinaciji s tvrdoćom tiskarske ploče utječe na gustoću obojenja punog tona. Ukoliko se primjeni mekana tiskarska ploča i montažna traka veće tvrdoće reprodukcija punih tonova će biti kvalitetnija. Posljedica kvalitetne reprodukcije punog tona je ta što tvrđa montažna traka omogućuje ravnomjerni pritisak te bolji nanos bojila. Također, mekana tiskarska ploča bolje će se prilagoditi tiskovnoj podlozi te će se na taj način izbjeći efekt praznine. Dakle, povećanje tvrdoće montažne trake utječe na gustoću obojenja punog tona. Stoga, može se reći kako je prva postavljena hipoteza u radu potvrđena.

Promatrajući grafove na kojima dolazi do usporedbe krivulja prirasta RTV može se zaključiti sljedeće. Montažne trake u kombinaciji s ESE tiskarskom pločom polučile su veći prirast RTV u odnosu na DPR tiskarske ploče. Prirast RTV je veći kod DuPont ESE tiskarske ploče iz razloga što je ona mekša u odnosu na DuPont DPR ploču. Evidentno je kako povećanje tvrdoće montažne trake uzrokuje povećanje prirasta RTV. To je najbolje vidljivo kod primjera primjene tvrde montažne trake E18. Od svih pet montažnih traka, tvrda traka E18 u kombinaciji s tiskarskom pločom uzrokovala je najveći prirast RTV. Također kod montažne trake E18, iz razloga što uzrokuje najveći prirast RTV, vrijednosti izmjerene RTV stvarne reprodukcije su bile najveće. Zaključuje se kako je i druga hipoteza postavljena u ovome radu potvrđena.

11.ZAKLJUČAK

Fleksotisak, kao tiskarska tehnika, u industriji proizvodnje ambalaže igra jednu od glavnih uloga. Iz godine u godinu potreba za uslugama fleksotiska raste. Ambalaža kao proizvod konstantno napreduje te postaje sve inovativnija i zahtjevnija, a fleksotisak uspješno odgovara svim postavljenim zahtjevima. Paralelno s napredovanjem ambalaže dolazi i do konstantnog ulaganja u razvoj tiskarske tehnike fleksotiska. U današnje vrijeme postoji popriličan broj kompanija koje se bave proizvodnjom fleksotiskarskih strojeva te ih konstantno unapređuju kako bi mogli odgovoriti zahtjevima tržišta. Fleksotisak, kao tiskarska tehnika, uspješno otklanja svoje nedostatke. Inovacije se javljaju gotovo u svim segmentima fleksotiska, od samog stroja za fleksotisak, preko bojila, tiskarskih ploča pa do aniloks valjka. Pitanje je vremena kada će većina procesa tiska biti automatizirana, a operater na stroju postati osoba koja će nadzirati stroj i kontrolirati kvalitetu. Prema naznakama, proizvodni proces fleksotiska u budućnosti će sve više biti automatiziran i kvalitetniji. Također, teži se ka tome da bojila budu što manje štetna za okoliš i zdravlje radnika. Na tom području, u odnosu na početke fleksotiska, napravio se značajan korak naprijed. Nudi se niz različitih bojila koja su sve kvalitetnija i manje štetna. Danas su dostupna solventna bojila, bojila na bazi vode, UV i EB bojila. Proces izrade tiskarskih ploča također je značajno napredovao, a time i njihova kvaliteta. Izrada aniloks valjka modernizirana je primjenom laserskog graviranja što rezultira njegovom većom kvalitetom. Montažne trake za tiskarske ploče također se unaprjeđuju te tako doprinose poboljšanju kvalitete tiska. Na tržištu se konstantno pojavljuju neka nova rješenja koja omogućuju još bolju kvalitetu tiska. Težnja svake kompanije koja se bavi tiskom je poboljšati proces tiska tako da bude što kvalitetniji, a potrebe kupca ispunjene.

Cilj provedenog eksperimenta bio je ispitati utjecaj tvrdoće montažne trake, kod različitih tiskarskih ploča, na kvalitetu reprodukcije. Utjecaj montažne trake i tiskarske ploče na kvalitetu reprodukcije ispitan je preko gustoće obojenja punog tona i prirasta RTV. Na temelju dobivenih rezultata u istraživanju vidljivo je kako ta dva segmenta utječu na kvalitetu tiska. Povećanjem tvrdoće montažne trake gustoća obojenja punog tona imala je sve veću vrijednost. Evidentno je kako tvrdoća montažne trake utječe na gustoću obojenja punog tona. Najveća gustoća obojenja postignuta je kod kombinacije mekše DuPont ESE tiskarske ploče i tvrde montažne trake E18. Stoga, zaključuje se kako su mekša DuPont ESE tiskarska ploča i tvrda montažna traka E18 pogodna kombinacija za tisak punog tona. Kada je riječ o utjecaju tvrdoće montažne trake u kombinaciji s tiskarskom pločom na prirast RTV vidljivo je sljedeće. Što je tvrdoća

montažne trake bila veća, to je prirast RTV imao veću vrijednost. Dakle, tvrda montažna traka E18 kod obje tiskarske ploče uzrokovala je najveći prirast RTV, dok je meka montažna traka E19 uzrokovala najmanji prirast RTV. Najveći prirast RTV javlja se kod mekše DuPont ESE tiskarske ploče i tvrde montažne trake E18. Najmanji prirast RTV javlja se kod tvrde DuPont DPR tiskarske ploče i mekane montažne trake E19. Na temelju toga može se zaključiti kako bi za tisak finih rastera najbolja opcija bila upravo kombinacija tvrde tiskarske ploče s mekom montažnom trakom. Analizom, obradom i interpretacijom dobivenih podataka može se reći kako su obje hipoteze rada potvrđene. Potvrđeno je kako tvrdoća montažne trake utječe na povećanje gustoće obojenja punog tona. Isto tako, potvrđeno je kako tiskarska ploča montirana na tvrđu montažnu traku rezultira većom vrijednosti prirasta RTV. Stoga, zaključuje se kako je provedeni eksperiment bio uspješan.

S obzirom na zahtjeve današnjeg tržišta i konkurenciju, vidljivo je da treba težiti napretku i poboljšanju procesa tiska. Provođenjem eksperimenata dolazimo do novih podataka i zaključaka. Na temelju njih moguće je tražiti nova rješenja u procesu tiska kako bi krajnji proizvod bio kvalitetniji od konkurentskih proizvoda. Ovakvim pristupom kompanije će dobiti dodanu vrijednost te lakše opstati na tržištu. Kada govorimo o fleksotisku, kao tiskarskoj tehnici, težnja ka konstantnom poboljšanju i inovacijama pravilan je put razvoja. Takav pristup fleksotisak čini kvalitetnom i pouzdanom tiskarskom tehnikom danas, a i u budućnosti.



Sveučilište
Sjever



SVUČILIŠTE
SJEVER

**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 prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Pavac Mihulec (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Uloga tuđih radova u istraživanju i primjeni znanja na području predaje fizike (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Pavac Mihulec
(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 istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Pavac Mihulec (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Uloga tuđih radova u istraživanju i primjeni znanja na području predaje fizike (upisati naslov) čiji sam autor/ica. reprodukcije fizike

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Pavac Mihulec
(vlastoručni potpis)

KRATICE

UV- ultraviolet

EB- electron beam

RTV- raster tonska vrijednost

D- gustoća obojenja punog tona

AM- amplitudno modulirani raster

FM- frekventno modulirani raster

XM- hibridni raster, križno moduliran raster

CtP- Computer to plate

CMYK- osnovne procesne boje koje se primjenjuju u procesu višebojnog otiskivanja (cijan, magenta, žuta, crna)

LITERATURA

- [1] Prepressuer, The history of printing, datum pristupa: 10.4.2022., Izvor: <https://www.prepressure.com/printing/history>
- [2] Horvatić, S.: Fleksotisak tisak ambalaže, Zagreb, Markulin d.o.o., 2011.
- [3] Bolanča S.: Tisak ambalaže, Zagreb, Hrvatska sveučilišna naklada, 2013.
- [4] Bolanča, S., Golubović, K.: Tehnologija tiska od Gutenberga do danas, Senj, zb. 35, 2008, 125-146, datum pristupa: 10.4.2022., Izvor: https://bib.irb.hr/datoteka/436171.8_BOLANA-GOLUBOVI.pdf
- [5] Brajnović O.: Prilagodba izrade fotopolimerne tiskovne forme novim kvalitativnim zahtjevima, magistarski rad, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, 2011., str. 4-6.
- [6] Dritec, Flexographic gravure, datum pristupa: 10.4.2022., Izvor: <https://www.dritec.com/flexographic-converting-systems>
- [7] Krznar, M.: Primjena papirnog efekta na termoskupljajućoj foliji, diplomski rad, Koprivnica, Sveučilište Sjever, 2017., str. 2-6.
- [8] Lee, D., Flexography advantages and disadvantages, 2018., datum pristupa: 11.4.2022., Izvor: <https://blog.focuslabel.com/flexography-advantages-disadvantages>
- [9] Car, T.: Cirkularnost i deformacija rasterskih elemenata u fleksotisku, diplomski rad, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, 2013., str. 3-4.
- [10] Valdec, D.: Utjecaj promjenjivih parametara fleksotiska na geometriju rasterskog elementa predotisnute tiskovne podloge, doktorski rad, Zagreb, Sveučilište u Zagrebu Grafički Fakultet, 2013.
- [11] Kipphan H.: Handbook of Print Media : Technologies and Production Methods, Springer, Berlin, 2001.
- [12] Lichtenberger, M., Inks-Water-Based, datum pristupa: 13.4.2022., Izvor: <http://www.davidlu.net/Matt.pdf>
- [13] Luminite: Oil Based Vs Water Based Flexo Inks: Optimize your materials, 2020, datum pristupa: 13.4.2022., Izvor: <https://blog.luminite.com/blog/oil-based-vs-water-based-flexo-inks-optimize-your-materials>
- [14] Demand, E., The Basics of Flexo Ink Chemistries, Manufacturing & On-Press Maintenance, 2020., datum pristupa: 13.4.2022., Izvor: <https://www.flexography.org/industry-news/flexo-ink-basics-chemistries-manufacturing-maintenance/>

- [15] Drvarić, N.: Problemi i deformacije otiska na fleksibilnoj ambalaži, diplomski rad, Koprivnica, Sveučilište Sjever, 2019.
- [16] Aydemir, C., Öszoy, S., A., Enviroemntal impact of printing insk and printing process, , Instambul: Marmara University, School of Applied Science, 2020., str. 14., datum pristupa: 23.4.2022., Izvor: https://www.grid.uns.ac.rs/jged/download/v11n2/jged_v11_n2_p2.pdf
- [17] Hannah, What are Ink Solvents and theri components, 2021., datum pristupa: 23.4.2022., izvor: <https://ecolink.com/info/what-are-ink-solvents-and-their-components/>
- [18] Bolanča, Mirković, I.: Flexographic Printing and Integral Approach to Pollution Prevention and Control, Acta Graphica 2010., vol. 21 No 1-2, str. 51-55, Faculty of Graphic Arts, University of Zagreb, Croatia., datum pristupa: 26.4.2022., izvor: <https://hrcak.srce.hr/64057>
- [19] Kičinbaći J, Mrvac N, Bertić I.: Trendovi razvoja fleksografskog tiska, Tehnički glasnik 2007., vol. 1, No 1-2, str. 47-50. datum pristupa: 26.4.2022., izvor: <https://hrcak.srce.hr/85981>
- [20] UV flexo for food packiging, datum pristupa: 26.4.2022., izvor:<https://www.labelsandlabeling.com/features/uv-flexo-food-packaging>
- [21] El-Fakdi, R.: The development of Flexo-EB inks to offer more sustainable ways of printing, 2019., datum pristupa: 26.4.2022., izvor: <https://comexi.com/it/notizia-dettaglio/the-development-of-flexo-eb-inks-to-offer-more-sustainable-ways-of-printing->
- [22] Svickas, A., Stonkus., R., Jurkonis, E., Iljin, I.: Assessment of the Condition of the Anilox Rollers, Vilinus: Vilnius Gediminas Technical University, 2021., str. 2-3., datum pristupa: 27.4.2022., izvor: <https://www.mdpi.com/2079-6412/11/11/1301/htm>
- [23] Flexography: Principles and Practices, 5th Edition, Foundation of Flexographic Technical Association, Inc., Ronkonkoma, NY, 1999.
- [24] Korelić O.: Kemigrafija, Viša grafička škola, Zagreb, 1986.
- [25] Zecher: Ceramic anilox rollers, Padeborn, datum pristupa: 28.4.2022., izvor: <https://www.zecher.com/anilox-rollers/ceramic-anilox-roller/>
- [26] Anilox Volume Measurment: Its History as an Important Evolution in Flexographic Printing, datum pristupa: 28.4.2022., izvor: <https://www.flexography.org/industry-news/anilox-volume-measurement-history-evolution-flexographic-printing/>
- [27] Brüning, S.: Laser Engraving of Ceramic Anilox Rollers , ResearchGate, Flexo & Gravure Int'l 3-2007, Techmedia GBMH, str. 88-89., datum pristupa: 2.5.2022., izvor: <https://www.researchgate.net/profile/Stephan->

[Bruening/publication/291350012 Laser Engraving Of Ceramic Anilox Rollers/links/56a1ef8d08ae2afab884387e/Laser-Engraving-Of-Ceramic-Anilox-Rollers.pdf](https://www.bruening.com/publication/291350012-Laser-Engraving-Of-Ceramic-Anilox-Rollers/links/56a1ef8d08ae2afab884387e/Laser-Engraving-Of-Ceramic-Anilox-Rollers.pdf)

- [28] Ceshiere Anilox Technology: Conventional Engraving Range, datum pristupa: 2.5.2022., izvor: <https://cheshireanilox.co.uk/product/conventional-engraving-range/>
- [29] Harper Anilox & Coating Division: Specyfing the Right Anilox Roll, datum pristupa: 2.5.2022., izvor: <http://www.harperimage.com/AniloxRolls/Anilox-Guides/Specifying-the-Right-Anilox>
- [30] M. Gojo, S. Mahović Poljaček: Osnove tiskovnih formi, Zagreb, Sveučilište Zagreb, Grafički fakultet, 2013.
- [31] Vargović., L.: Nepravilnost rasterskih elemenata u fleksotisku i njihov utjecaj na kvalitetu proizvoda, diplomski rad, Koprivnica, Sveučilište Sjever, 2019., str. 20-21.
- [32] Liu, X., Guthrie, J.T.: A review of flexographic printing plate development, Leeds, University of Leeds, Department of Colour Chemistry, 2003.
- [33] Derma: Izrada tiskovnih formi, Varaždin, 2021., datum pristupa: 5.5.2022., izvor: <https://www.derma.hr/index.php/hr/usluge/izrada-tiskovnih-formi>
- [34] Platesetters.com: CtP Technology Offers Four Key Competitive Advantages (Say goodbye to film!), datum pristupa: 6.5.2022., izvor: <https://www.platesetters.com/ctp-technology-offers-four-key-competitive-advantages/>
- [35] 3M: Balancing solids and dots for customer satisfaction, datum pristupa: 11.5.2022. izvor: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1756990/flexographic-mounting-system-selection-guide.pdf>
- [36] Muraplast: tehnologija, datum pristupa: 11.5.2022., izvor: <https://muraplast.com/tehnologija/>
- [37] Zjakić I.: Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Zagreb, Hrvatska Sveučilišna naklada, 2007, str. 167-172.
- [38] Kurečić, S., M.: Rasterski sustavi, Zagreb, Sveučilište Zagreb, Grafički fakultet, datum pristupa: 12.5.2022., izvor: http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf
- [39] Krušelj, A.: Grafička priprema i izrada fotopolimernih tiskovnih formi za fleksotisak, diplomski rad, Koprivnica, Sveučilište sjever, 2019. datum pristupa: 12.5.2022., izvor: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/unin:2984>
- [40] Kurečić, S., M: Karakteristike višebojne reprodukcije, Zagreb, Sveučilište Zagreb, Grafički fakultet, datum pristupa: 16.5.2022., izvor:

https://travelsdocbox.com/Eastern_Europe/98725707-Karakteristike-visebojne-reprodukcije-dr-sc-maja-strgar-kurecic.html

- [41] Valdec, D., Hajdek, K., et. all: Datermining the Print Quality Due to Deformation of the Halftone Dots in Flexography, Koprivnica, Sveučilište Sjever, 2021., datum pristupa: 16.5.2022., izvor: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/22/10601>
- [42] Exact xrite, datum pristupa: 11.6.2022., izvor: <https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact>

POPIS SLIKA:

- Slika 2.1 Tiskovna jedinica stroja za fleksotisak, datum pristupa:10.4.2022, izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1461/1/Magistarski%20rad%20Majnari%20Igor.pdf>.
- Slika 2.2 Princip fleksografskog stroja s centralnim cilindrom, datum pristupa 10.4.2022., izvor:<https://eprints.grf.unizg.hr/1461/1/Magistarski%20rad%20Majnari%20Igor.pdf>
- Slika 2.3 Konstrukcija stroja u obliku velikog dimnjaka (tornja), datum pristupa: 10.4.2022., izvor:<https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A3865/datastream/PDF/view>
- Slika 2.4 Konstrukcija stroja u obliku tornja, datum pristupa:10.4.2022., izvor:<https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A3865/datastream/PDF/view>
- Slika 2.5:Konstrukcija stroja u nizu, datum pristupa: 10.4.2022., izvor:<https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A3865/datastream/PDF/view>
- Slika 2.6 Prikaz dijela sustava za obojenje, datum pristupa: 11.4.2022., izvor:: https://www.flexoconcepts.com/wp-content/uploads/2020/08/chamber_diagram_400x322.jpg
- Slika 2.7 Kut noža za odstranjivanje viška bojila u odnosu na aniloks valjak, datum pristupa: 10.4.2022, izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 2.8 Shema sustava za obojenje s klasičnim rakelom, datum pristupa: 11.4.2022., izvor:<https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 2.9 Shema sustava za obojenje s komornim rakelom, datum pristupa: 11.4.2022., izvor:<https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 2.10 Diamond HP s 10 tiskovnih jedinica kompanije Uteco, datum pristupa: 11.4.2022., izvor: <https://www.uteco.com/en/print-and-converting/flexographic-printing/diamond-hp>
- Slika 2.11 Jednoslojni površinski otisak, datum pristupa: 11.4.2022., izvor:https://www.tappi.org/content/events/09placesy/course_papers/durling.pdf
- Slika 2.12 Dvoslojni reverzni otisak, datum pristupa 11.4.2022., izvor:https://www.tappi.org/content/events/09placesy/course_papers/durling.pdf

- Slika 3.1 Prikaz emisije hlapljivih organskih spojeva (VOC), datum pristupa: 23.4.2022.,
izvor: https://www.grid.uns.ac.rs/jged/download/v11n2/jged_v11_n2_p2.pdf
- Slika 3.2 Sastav bojila na bazi organskog otapala, izvor: Jambrošić, N.: Utjecaj ponovnog korištenja boja na kvalitetu fleksotiska, 2010.
- Slika 3.3 Prikaz sušenja UV bojila pomoću UV lampe, datum pristupa: 27.4.2022., izvor:
<https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 3.4 Prikaz sušenja EB bojila pomoću snopa elektrona, datum pristupa: 26.4.2022.,
izvor: <https://www.radsys.eu/faq-2/>
- Slika 4.1 Utjecaj linijature i volumena aniloks valjka na intenzitet punog tona, izradio autor prema Valdec, D., datum pristupa: 27.4.2022.,
izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 4.2 Broj čašica po inču definiran je linijaturom aniloks valjka, datum pristupa: 27.4.2022., izvor:
<https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 4.3 Oblici rasterskih ćelija, datum pristupa: 27.4.2022., izvor:
<https://repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>
- Slika 4.4 Mikroskopska slika heksagonalnog uzorka, 100 l/cm (245 cpi), datum pristupa: 2.5.2022., izvor: https://www.researchgate.net/profile/Stephan-Bruening/publication/291350012_Laser_Engraving_Of_Ceramic_Anilox_Rollers/links/56a1ef8d08ae2afab884387e/Laser-Engraving-Of-Ceramic-Anilox-Rollers.pdf
- Slika 4.5 Heksagonalni uzorak pod kutom graviranja 30°
datum pristupa: 2.5.2022., izvor: <http://www.harperimage.com/AniloxRolls/Anilox-Guides/Specifying-the-Right-Anilox>
- Slika 4.6 Kvadratni uzorak pod kutom graviranja 45°, datum pristupa: 2.5.2022., izvor:
<https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 4.7 Prikaz uzorka trostruke spirale (trihelical) i uzorka heksagon izduženih čašica,
izvor: Valdec, D.: Princip rada fleksotiska (ppt), 2022.
- Slika 5.1 Presjek tiskarske ploče za CtP postupak, datum pristupa 2.5.2022., Izvor:
<https://eprints.grf.unizg.hr/1447/1/Magistarski%20rad%20Brajnovi%20c4%87%20Olivera.pdf>
- Slika 5.2 Glavni dijelovi tiskovne forme izvor:
<https://zir.nsk.hr/islandora/object/unin%3A2500/datastream/PDF/view>
- Slika 5.3 Utjecaj tiskarske ploče na deformaciju rasterkog elementa prilikom djelovanja pritiska u procesu tiska, datum pristupa: 4.5.2022., izvor:
<https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>

- Slika 5.4 Gumena tiskarska ploča montirana na temeljni cilindar, datum pristupa: 5.5.2022.,
izvor: <https://www.derma.hr/index.php/hr/usluge/izrada-tiskovnih-formi>
- Slika 5.5 Postupak izrade tekuće fotopolimerne ploče, izradio autor prema Valdec, D., datum pristupa 5.5.2022., izvor:
<https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 5.6 Solventni postupak izrade fotopolimerne ploče, izradio autor prema Valdec, D., datum pristupa: 5.5.2022.,
izvor: <https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 5.7 Glavni elementi obrađene tiskarske ploče datum pristupa: 5.5.2022., izvor:
<https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 5.8 Usporedba faza rada analognog i digitalnog procesa izrade fotopolimernih tiskovnih ploča, datum pristupa: 6.5.2022., izvor:
<https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 6.1 Odabir tvrdoće montažne trake u odnosu na zahtjeve procesa tiska, datum pristupa: 9.5.2022., izvor:
<https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 7.1 Amplitudno modulirani raster, datum pristupa: 11.5.2022., izvor:
<https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>
- Slika 7.2 Prikaz linijatura amplitudno modeliranog rastera, datum pristupa: 11.5.2022., izvor:
<https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>
- Slika 7.3 Frekventno (FM) moduliran raster, datum pristupa: 12.5.2022., izvor:
<https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>
- Slika 7.4 Hibridni (XM) raster, datum pristupa: 12.5.2022., izvor:
<https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>
- Slika 7.5 Metoda ispuštanja rasterskih elemenata s pravokutne mreže, datum pristupa: 12.5.2022., izvor:
<https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski%20rad%20Valdec%20Dean.pdf>
- Slika 7.6 Hibridni raster (XM), takozvani samba raster, datum pristupa: 12.5.2022.,
izvor: http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6.%20Rasterski%20sustavi.pdf
- Slika 7.7 Kutovi rastera, datum pristupa: 12.5.2022., izvor:
<https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>
- Slika 8.1 Prirast rasterskog elementa, datum pristupa: 16.5.2022., izvor: Valdec., D: Princip rada offseta (ppt)
- Slika 8.2 Smicanje, datum pristupa: 16.5.2022., izvor:
<https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>

- Slika 8.3 Dubliranje, datum pristupa: 16.5.2022., izvor:
<https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>
- Slika 8.4 Razmazivanje, datum pristupa: 16.5.2022., izvor:
<https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>
- Slika 8.5 Refleksija svjetlosti na tiskovnoj površini, datum pristupa: 16.5.2022., izvor:
<https://repositorij.unin.hr/islandora/object/unin%3A2939/datastream/PDF/view>
- Slika 9.1 Tvrdoća 3M montažnih traka, od najmekše prema najtvrdjoj, izvor: Autor, prema 3M, Muraplast d.o.o.
- Slika 9.2 DuPont ESE tiskarska ploča, izvor: Autor
- Slika 9.3 DuPont DPR tiskarska ploča, izvor: Autor
- Slika 9.4 Mjerni uređaj, X-Rite eXact advanced, izvor:
<https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact>
- Slika 9.5 Postupak provođenja eksperimenta, izvor: Autor
- Slika 9.6 Otisnuti uzorak na kojem se provodi mjerenje, izvor: Autor
- Slika 10.1 Grafički prikaz gustoće obojenja punog tona (D_{max}) za DuPont ESE i DPR tiskarsku ploču kod pet vrsta montažnih traka, izvor: Autor
- Slika 10.2 Krivulje stvarne reprodukcije za DuPont ESE tiskarsku ploču za pet montažnih traka, izvor: Autor
- Slika 10.3 Krivulje stvarne reprodukcije za DuPont DPR tiskarsku ploču za pet montažnih traka, izvor: Autor
- Slika 10.4 Krivulje stvarne reprodukcije za DuPont DPR i ESE tiskarsku ploče za montažne trake E19 i E18, izvor: Autor
- Slika 10.5 Krivulje prirasta RTV za DuPont ESE tiskarsku ploču na pet montažnih traka, izvor: Autor
- Slika 10.6 Krivulje prirasta RTV za DuPont DPR tiskarsku ploču na pet montažnih traka, izvor: Autor
- Slika 10.7 Krivulje prirasta za DuPont DPR i ESE tiskarsku ploče za montažne trake E19 i E18, izvor: Autor

POPIS TABLICA

Tablica 4.1 Prikaz linijatura i volumena aniloks valjka u odnosu na primjenu u tisku,
datum pristupa: 27.4.2022., izvor:

<http://www.harperimage.com/AniloxRolls/Anilox-Guides/Anilox-Volume>

Tablica 10.1 Gustoća obojenja punog tona (D) DuPont ESE i DPR tiskarska ploča

Tablica 10.2 RTV vrijednosti izmjerene na otiscima nastalih pomoću DuPont ESE
tiskarske ploče te pet vrsta montažnih traka

Tablica 10.3 RTV vrijednosti izmjerene na otiscima nastalih pomoću DuPont DPR
tiskarske ploče te pet vrsta montažnih traka

Tablica 10.4: Prirasti RTV vrjednosti izmjerenih pomoću DuPont ESE tiskarske ploče te
pet vrsta montažnih traka

Tablica 10.5: Prirasti RTV vrjednosti izmjerenih pomoću DuPont DPR tiskarske ploče te
pet vrsta montažnih traka

Izvor tablica 10.1- 10.5: Autor

3.9%

PlagScan by Turnitin Results of plagiarism analysis from 04. 07. 2022. 23:20

Diplomski rad_Mihalec 04-07-22

Date: 04. 07. 2022. 23:08



- [0] (63 matches, 1.8%/3.0%) from [eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski rad Valdec Dean.pdf](https://eprints.grf.unizg.hr/1897/1/Doktorski_rad_Valdec_Dean.pdf)
- [1] (30 matches, 0.9%/1.4%) from zir.nsk.hr/islandora/object/unin:2984/datastream/PDF/download
- [2] (26 matches, 1.0%) from repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin:2939/datastream/PDF/view
(+ 1 documents with identical matches)
- [4] (13 matches, 0.5%) from eprints.grf.unizg.hr/2904/1/Z884_Huzjak_Juraj.pdf
(+ 1 documents with identical matches)
- [6] (14 matches, 0.4%/0.7%) from 123dok.com/document/zlvp2xoy-utjecaj-pro...u-rasterskoga-elementa-predotisnute.html
- [7] (8 matches, 0.1%/0.5%) from hrcak.srce.hr/file/127964
- [8] (5 matches, 0.3%) from hrcak.srce.hr/file/157217
- [9] (5 matches, 0.2%) from core.ac.uk/download/pdf/53879045.pdf
- [10] (5 matches, 0.2%) from hdmt.hr/wp-content/uploads/2021/02/Zbornik-radova-MATRIB-2018.pdf
- [11] (9 matches, 0.3%) from eprints.grf.unizg.hr/1509/1/DB308_Car_Tea.pdf
- [12] (8 matches, 0.3%) from core.ac.uk/download/pdf/53879047.pdf
- [13] (3 matches, 0.2%) from idoc.pub/documents/flexo-principles-practices-940-page-klzzg11zpglg
- [14] (8 matches, 0.3%) from [eprints.grf.unizg.hr/1447/1/Magistarski rad Brajnović Olivera.pdf](https://eprints.grf.unizg.hr/1447/1/Magistarski_rad_Brajnovic_Olivera.pdf)
- [15] (3 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2021-07-22 14:00](#)
- [16] (4 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2017-04-06 10:08](#)
- [17] (6 matches, 0.2%) from repozitorij.unin.hr/islandora/object/unin:3510/datastream/PDF/view
(+ 4 documents with identical matches)
- [22] (8 matches, 0.3%) from www.researchgate.net/publication/3557075...sment_of_the_Condition_of_Anilox_Rollers
- [23] (3 matches, 0.1%) from repozitorij.efst.unist.hr/islandora/object/efst:4025/datastream/PDF

- ✓ [24] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-03 08:23](#)
- ✓ [25] (5 matches, 0.1%) from [eprints.grf.unizg.hr/3264/1/DB879_Penava_Ivan.pdf](#)
- ✓ [26] (5 matches, 0.2%) from [hrcak.srce.hr/file/161793](#)
- ✓ [27] (3 matches, 0.1%) from [123dok.com/document/zk62jo4y-korelacija-...ametara-digitalnog-i-ofsetnog-tiska.html](#)

- ✓ [28] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-02 09:16](#)
- ✓ [29] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-12-12 22:53](#)
- ✓ [30] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-17 08:50](#)
- ✓ [31] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-17 09:01](#)
- ✓ [32] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-17 07:56](#)
- ✓ [33] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-13 05:36](#)
- ✓ [34] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-14 07:00](#)
- ✓ [36] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-14 06:41](#)
- ✓ [37] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-14 06:38](#)
- ✓ [38] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-14 01:28](#)
- ✓ [39] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2021-12-16 13:38](#)
- ✓ [40] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2021-01-26 10:27](#)
- ✓ [41] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-02-04 16:35](#)
- ✓ [42] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2019-07-02 02:27](#)
- ✓ [43] (2 matches, 0.1%) from [www.grid.uns.ac.rs/data/biblioteka/disertacije/disertacija_karlovc.pdf](#)
- ✓ [44] (2 matches, 0.1%) from [www.researchgate.net/publication/2776147... Emissions_of_Volatile_Organic_Compounds](#)
- ✓ [45] (2 matches, 0.1%) from [zir.nsk.hr/islandora/object/efzg:5354/datastream/PDF/download](#)
- ✓ [46] (2 matches, 0.1%) from [nardus.mpn.gov.rs/bitstream/handle/123456789/2859/Disertacija.pdf?sequence=1](#)
- ✓ [47] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-03 08:27](#)
- ✓ [48] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-18 04:17](#)

- ✓ [49] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2017-06-27 13:50](#)
- ✓ [50] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-17 08:50](#)
- ✓ [51] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-14 01:17](#)
- ✓ [52] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-13 04:45](#)
- ✓ [53] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-03 08:23](#)
- ✓ [54] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-02 09:16](#)
- ✓ [55] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-02 09:36](#)
- ✓ [56] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-18 08:26](#)
- ✓ [57] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-12-12 05:08](#)
- ✓ [58] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-11-04 17:19](#)
- ✓ [59] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-06-30 06:56](#)
(+ 1 documents with identical matches)
- ✓ [61] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-17 08:54](#)
- ✓ [62] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-02 09:36](#)
- ✓ [63] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-02 08:04](#)
- ✓ [64] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-18 08:16](#)
- ✓ [65] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-18 07:15](#)
- ✓ [66] (3 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2017-04-06 09:48](#)
- ✓ [67] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-12-12 23:40](#)
- ✓ [68] (3 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2017-04-06 09:42](#)
- ✓ [69] (5 matches, 0.1%/0.2%) from hrcak.srce.hr/file/220479
- ✓ [70] (2 matches, 0.1%) from downloads.ctfassets.net/wfptrcrbtkd0/1GU...6b4d87bb90cc082258e/CR-O-Catalog-2022.pdf
- ✓ [71] (2 matches, 0.1%) from vdocuments.site/reprodukcije-unizg-viseb...ijepdf-a-vrsta-papira-zbog-razliite.html
- ✓ [72] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-17 09:01](#)
- ✓ [73] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-17 08:42](#)

- ☑ [74] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-17 08:47](#)
- ☑ [75] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-02 09:16](#)
- ☑ [76] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-02 09:13](#)
- ☑ [77] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-18 08:16](#)
- ☑ [78] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-15 06:39](#)
- ☑ [79] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-15 03:12](#)
- ☑ [80] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-14 06:36](#)
- ☑ [81] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-12-15 03:22](#)
- ☑ [82] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-12-14 16:20](#)
- ☑ [83] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-13 04:31](#)
- ☑ [84] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-15 03:26](#)
- ☑ [85] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2017-04-05 08:06](#)
- ☑ [86] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-19 08:12](#)
- ☑ [87] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-17 08:54](#)
- ☑ [88] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-17 08:47](#)
- ☑ [89] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-03 08:38](#)
- ☑ [90] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-02 09:16](#)
- ☑ [91] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-05-02 09:16](#)
- ☑ [92] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-18 08:32](#)
- ☑ [93] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-18 08:26](#)
- ☑ [94] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-14 06:46](#)
- ☑ [95] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-04-14 06:41](#)
- ☑ [96] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2022-02-01 10:06](#)
- ☑ [97] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2021-07-24 20:49](#)
- ☑ [98] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-11-17 23:43](#)
- ☑ [99] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-09-02 23:25](#)

- ☑ [100] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-06-30 06:42](#)
- ☑ [101] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-06-30 06:23](#)
- ☑ [102] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-06-30 03:38](#)
- ☑ [103] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2020-06-30 03:46](#)
- ☑ [104] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2019-06-06 13:28](#)
- ☑ [105] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2018-12-06 06:13](#)
- ☑ [106] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2018-09-24 18:24](#)
- ☑ [107] (2 matches, 0.1%) from [a PlagScan document dated 2017-04-05 12:09](#)