

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB**

IVAN PARLOV

**UTJECAJ SAMOLJEPLJIVIH PODLOGA
NA REALIZACIJU OTISKA UV INKJETA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

IVAN PARLOV

**UTJECAJ SAMOLJEPLJIVIH PODLOGA
NA REALIZACIJU OTISKA UV INKJETA**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Igor Majnarić

Student:

Ivan Parlov

Zagreb, 2020.

SAŽETAK

U odnosu na komercijalni tisak, trendovi u proizvodnji etiketa su rastući. Razlog tome su nove samoljepljive tiskovne podloge čija se primjena nalazi u različitim industrijskim područjima. Za takve zahtjeve sve češće se primjenjuje UV Inkjet tehnologija koja omogućava visokokvalitetni tisak koji do sada u takvom varijanti nije bio isplativ. U ovom radu ispitati će se kvaliteta reprodukcije tonova za tri karakteristična samoljepljiva proizvoda: vinska etiketa (Avery Fasson Verge creme FSC), polipropilenska etiketa (Arconvert OPP TC White Gloss 60) i etiketa koja sadrži termoosjetljive premaze namjenjene za dodatno otiskivanje u termalnim pisačima (ScandStick ScandTherm TCS). U ovom radu primjenjen je visokoproduktivan UV Inkjet stroj Durst Tau 330 RSC koji koristi specijalno prilagođenu boju TAU RSC UV. Svi dobiveni uzorci bit će uspoređeni s referentnim vrijednostima definiranim u FOGRA 39 standardu pri čemu će se odrediti odstupanja u Ugra/Fogra Media Wedge V3.0 klinu koji sadrži 72 karakteristična polja. Korišteni mjerni uređaj bit će spektrofotometar i kolorimetar x-rite Exact. Osim određivanja kolorimetrijskih razlika CIE LAB ΔE , ΔL i ΔC izvršiti će se slikovna analiza i vizualna procjena kvalitete reprodukcije teksta različitih veličina (od 1 do 8 pt) u pozitivu i negativu, kao i analiza kvalitete rezolucije tiskarskog sustava. Za potrebe ispitivanja primjeniti će se sistem PIAS-II kao i za generiranje rezolucijskih profila površine klina veličine 8 x 5 mm. Na temelju postignutih rezultata odrediti će se kolorne vrijednosti i odstupanje upotrebljenih tiskovnih podloga te dati preporuke za njihove korekcije i eventualno izjednačavanje. Na osnovi dobivenih rezultata tiskovna podloga Polipropilen se pokazala kao najbolja podloga, a Avery najlošija. Razlika između Polipropilena i Averya je velika te iznosi: $\Delta E_{PP-Avery_C}=-3.66$, $\Delta E_{PP-Avery_M}=-2.82$ i $\Delta E_{PP-Avery_K}=-4.62$.

ABSTRACT

In regards to commercial printing, label production is growing industry. New self-adhesive labels that are used in various industries and whose application is diverse are reason why label printing grows. UV inkjet technology is technique that is used more and more because it can provide high quality print which until now wasnt cost effective.

In this thesis we will analyse quality of reproduction of three different self-adhesive label materials: wine label (Avery Fasson Verge creme FSC), polypropylene label (Arconvert OPP TC White Gloss 60) and label coated with thermo active layer that is used for additional printing in thermographic printers (ScandStick ScandTherm TCS). Prints we used for analysis were made by high production UV Inkjet machine Durst Tau 330 RSC that uses special ink TAU RSC UV. All samples are compared with reference values defined in Fogra 39 standard. Compared values are measured from Ugra/Fogra Media Wedge V3.0 that contains 72 measuring patches. For measuring we used spectrophotometer and colorimeter x-rite Exact. Except from calculating colorimetric differences CIE LAB ΔE , ΔL i ΔC , we performed image analysis and visual evaluation of text printed in various sizes (1-8 pt in positive and negative). Also resolution quality is analysed. For that purpose we used PIAS-II system which is also used for generating resolution profile (8 x 5 mm). Colorimetric values and deviations of label materials we used are determined, and recommendations for their corrections and possibly equalization will be given. Polipropilen film showed up as best printing substrate and Avery as worst. Based on measurements, colorimetric difference reaches substantial values. Those values are $\Delta E_{PP-Avery_C}=-3.66$, $\Delta E_{PP-Avery_M}=-2.82$ and $\Delta E_{PP-Avery_K}=-4.62$.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1 Vrste etiketa.....	2
2.1.1 Obične papirne etikete.....	3
2.1.2 Etikete koje se aktiviraju vlagom.....	3
2.1.3 Samoljepljive etikete.....	4
2.1.4 Etikete osjetljive na toplinu.....	5
2.1.5 In-Mold etikete.....	6
2.1.6 Termo-skupljajuće rukavne etikete (Shrink sleeve).....	7
2.2 Tehnike tisaka etiketa.....	9
2.2.1 Fleksotisak.....	9
2.2.2 Lettepress (knjigotisak iz role).....	10
2.2.3 Bakrotisak.....	11
2.2.4 Sitotisak.....	12
2.2.5 Foliotisak vrućim preganjem.....	12
2.3 Postavljanje etikete na proizvod (etiketiranje).....	13
2.3.1 Strojevi za etiketiranje tekućim ljepilom.....	14
2.3.2 Montaža etiketa osjetljivih na pritisak.....	15
2.3.3 Montaža etiketa osjetljivih na toplinu.....	17
2.3.4 Strojevi za naknadno otiskivanje etiketa.....	17
2.4 Sastav samoljepljivih etiketa.....	19
2.4.1 Liner (noseća podloga).....	19
2.4.2 Ljepila u etiketama.....	21
2.5 Materijali za izradu samoljepljivih etiketa.....	25
2.5.1 Polipropilen.....	25
2.5.2 Papir.....	31
3. PRAKTIČNI DIO.....	35
3.1 Metodologija rada.....	35
3.2 Korišteni strojevi i uedaji.....	37
3.2.1 Durst Tau 330 RSC.....	37
3.2.2 Epson SC-P5000.....	38
3.2.3 Xrite exact advanced.....	39
3.2.4 Pias II.....	40
3.3 Korišteni materijali.....	42
3.3.1 Avery Verge crème FSC.....	42
3.3.2 OPP TC white gloss 60.....	42
3.3.3 ScandTherm TSC.....	43
3.3.4 EFI Offset Proof paper 9200 semimatt.....	44
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	45
4.1 Utjecaj tiskovne podloge na Fogra39 standard.....	45
4.2 Kolorimetrijska razlika realiziranih otisaka.....	47

4.3 Slikovna analiza testa rezolucije.....	56
4.3.1 Test reprodukcije klina.....	56
4.3.2 Test reprodukcije teksta u pozitivu i negative.....	63
5. ZAKLJUČAK.....	66
6. LITERATURA.....	68
7. PRILOZI.....	70
7.1 Popis slika.....	70
7.2 Popis tablica.....	72

1. UVOD

Etiketa je komad papira, polimernog filma, metala ili tkanine koja je pričvršćena na neki proizvod. [1] Etiketa tako sadrži informacije o tom proizvodu kao što su: cijena, količina, podrijetlo, vrsta, sadržaj, odredište, itd... Osnovna svrha etikete je raznolika, pa tako može biti upozorenje ili dodatni izvor informacija. Međutim, etiketa ima i dekorativnu svrhu gdje nas mora privući tako da se istakne iz mnoštva sličnih proizvoda. Ovisi o tipu proizvoda na koji se ta etiketa aplicira radi se odabir materijala i određuje se koja će se vrsta etikete koristiti.

Na globalnom tržištu tisak etiketa raste, posebno onih otisnutih u digitalnim tehnikama tiska. Osim tiska, etikete se mogu doraditi specijalnim efektima kao što su vrući foliotisak ili čelično reljefni tisak koji daju poseban izgled etiketi. Materijali na koji se etikete tiskaju su razni. Trendovi na tržištu su takvi da se uporaba polimera smanji te da se reciklirani papir sve više koristi.

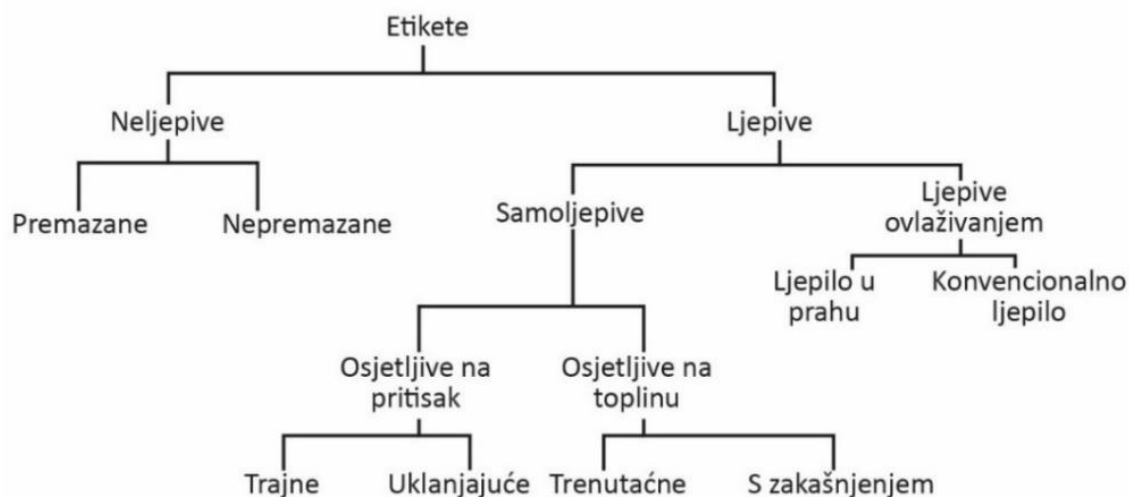
Najzastupljenija digitalna tehnika tiska na etikete je UV Inkjet. Ta tehnika otiskivanja primjenjuje tiskarske boje niskog viskoziteta. Interakcija sa tiskovnom podlogom direktno ovisi o sastavu i površinskoj obradi. Glatke i manje upojnije podloge pritom će dati preciznije i bolje otiske. Veća količina zadržanog bojila na površini ostvariti će i bolju uočljivost reproduciranih tonova. Praćenje kvalitete samoljepljivih etiketa provodi se kolorimetrijskim i spektrofotometrijskim metodama nakon čega se izmjerene vrijednosti uspoređuju sa referencama (Fogra 39). Cilj ovog rada je odrediti korekcijske parametre za Inkjet tiskarski stroj Durst Tau 330 RSC varirajući pritom tri karakteristične podloge (PP samoljepljiva etiketa, etiketa sa dye termalnim slojem i hrapava etiketa s žutim obojenjem). Samim time dati će se preporuka koja podloga može ostvariti mogućnost veće reprodukcije a sami time primjene za premium grafičke proizvode.

2. TEORIJSKI DIO

2.1 Vrste etiketa

Rasponi i različitosti konstrukcija etiketa, tržišta i aplikacija za etiketiranje danas su sve raznovrsnija. Materijali koji se koriste mogu biti kartoni, različite laminacije, metalne folije, papiri, tekstili, polimeri te ostale sintetičke podloge. Po vrsti etikete se mogu podijeliti na ljepljive i neljepljive. Osim ove glavne podjele postoji cijeli raspon podvrsta etiketa. To su: premazane ili nepremazane, osjetljive na pritisak ili toplinski osjetljive, s konvencionalnim ljepilom ili s ljepilom koji sadrži čestice za lakše odvajanje. Od svih vrsta etiketa, svjetskim tržištem dominiraju neljepive papirne etikete koje se apliciraju tekućim ljepilom neposredno prije pakiranja.

Zadnjih godina tržište se sve više usmjerava prema samoljepljivim etiketama osjetljivim na pritisak. Novije metode etiketiranja poput termo-skupljajućeg rukava (shrink sleeve), taljenjem uz pritisak (in mold) i preslikavanjem toplinom su već prihvaćene na tržištu. Cijeloukupno, američko tržište samoljepljivih etiketa osjetljivih na pritisak iz role raste za 10-15% godišnje, dok neke tiskare i tržišni sektori rastu 20% i više. Dva glavna tržišta koja pokazuju rast iznad prosjeka su EDP (Electronic Data Processing) etikete koje se rade s malim ručnim uređajima, i etikete na kojima se nalazi cijeli dizajn proizvoda. Shematski prikaz podjele etiketa prikazan je na slici 1. [2]



Slika 1. Glavna podjela etiketa ovisno o materijalima od kojih se izvode [Kit L. Yam, The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology, 2009.]

2.1.1 Obične papirne etikete

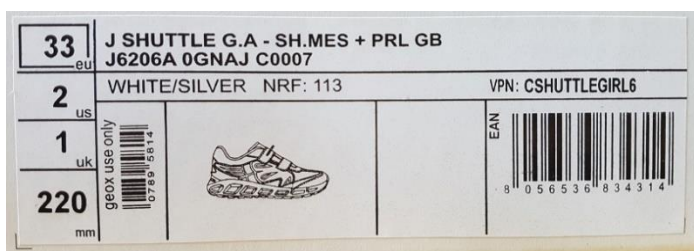
Obične etikete koje se naknadno prijanjaju sa tekućim ljepilom su vrlo rasprostranjene. Posebno se koriste kod proizvoda koji se izrađuju u velikim količinama kao što su, pivo, sokovi, vina i hrana u konzervama. Zbog velikih naklada potrebne su i visoke brzine tiska koje dosežu od 80,000 do 100,000 etiketa na sat. Papiri koji se koriste u tom slučaju su većinom premazani s jedne strane ali se mogu koristiti i nepremazani papiri. Na ovakvim etiketama se izbjegavaju specijalni efekti (koji mogu biti papiri u boji, embosirani papiri, vrući foliotisak i ostali dekorativni efekti). [3] Tipični izgled papirnatih etiketa prikazan je na slici 2.



Slika 2. Obična papirna etiketa na pivskim bocama [vlastiti izvor]

2.1.2 Etikete koje se aktiviraju vlagom

Zadnjih godina etikete koje se aktiviraju vlagom se sve manje koriste. Njihova uporaba je sada uglavnom limitirana na adresiranje transportnih kartonskih kutija. Ograničene su na predmete gdje bi automatizacija procesa apliciranja bila zahtjevna a ponekad i nepotrebna. Dva glavna tipa ljepila koja se koriste su: konvencionalna ljepila i ljepila u prahu. Konvencionalne etikete tako imaju tanki sloj unaprijed nanešenog ljepila koji se pri njihovom apliciranju prethodno aktivira vlagom. Etikete sa praškastim ljepilom su bolje jer sprječavaju problem savijanja etikete koji se često događa kod konvencionalnih etiketa niže gramature. [2]



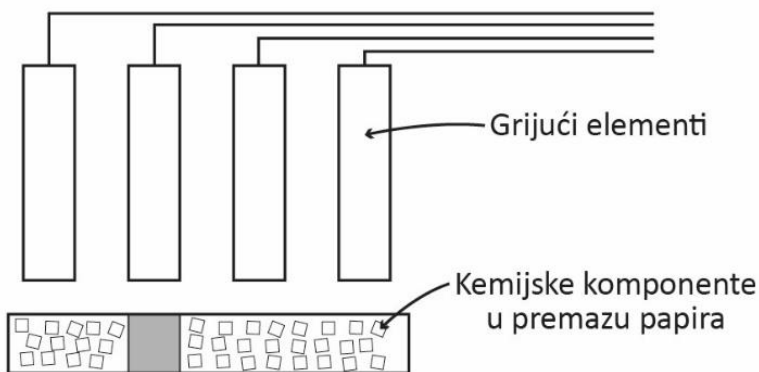
Slika 3. Primjer etikete za transportnu kartonsku kutiju [vlastiti izvor]

2.1.3 Samoljepljive etikete

Samoljepljive etikete danas dolaze u velikom rasponu tipova i vrsta. Možemo ih razlikovati na osnovi ljepila koje se koristi za izradu etikete. Tako danas imamo uklanjajuće i trajne, odnosno etikete sa specijalnim svojstvima dobrog prijanjanja (za široki spektar površina koji različiti materijali mogu imati). Trajne etikete se koriste kad bi trebale ostati dugo vremena na mjestu gdje se etiketa aplicirala ili kad se lijepe na zakrivljene, nepravilne ili fleksibilne površine. Zbog jake adhezivne veze etiketa se oštećuje prilikom pokušaja uklanjanja što daje i zaštitnu funkciju.

Uklanjajuće etikete se mogu ukloniti bez oštećenja površine. Upotrebljavaju se kod kratkotrajnih pakiranja za hranu, posuđe, ali i za deklaracije na proizvodima gdje se etikete uklanjaju neposredno prije uporabe proizvoda. Osim ove dvije kategorije (trajnih i uklanjajućih) postoje i specijalni tipovi etiketa kao što su etikete koje se uklanjanja vodom, etikete koje su otporne na visoke ili niske temperature, etikete sa otpornošću na ultra ljubičastu svjetlost i etikete sa visokom ili niskom ljepljivošću. Ljepila koja se koriste su u početku bila na bazi otapala dok su danas hot-melt ili akrilna ljepljiva na bazi vode. [4]

Za uobičajene potrebe etiketiranja (kao što je lijepljenje cijena u trgovinama) postoje važne karakteristike papira koje se predhodno moraju odabrati. To su: boja, sjaj i gramatura papira. Za specijalne primjene kao što su etikete za vanjsku uporabu, instrukcije i nazivi na uređajima, etikete otporne na vodu, farmaceutske ampule i bočice, luksuzne etikete i etikete za kozmetiku, koriste se ne papirne odnosno sintetičke etikete. To uključuje primjenu i raznih folija. Jedna od zadnjih inovacija u razvoju samoljepljivih etiketa su tzv. termalne etikete. One se koriste za označavanje svježe hrane kao što su riba, meso, voće i povrće. Takvi samoljepljivi materijali su premazani površinskim premazom koji u sebi sadrži supstance koje promijene boju pod utjecajem temperature. Tekstovi i barkodovi koji su realizirani na taj način daju jasnu informaciju o težini i cijeni te su ti barkodovi vrlo precizni za skeniranje. [5] Skoro svi samoljepljivi materijali dostupni su u arcima ili rolama. U SAD glavno tržište samoljepljivih etiketa je podijeljeno u tri sektora. Prvi sektor su industrijske etikete (primarne i sekundarne) koje se koriste u maloprodaji, veleprodaji i industrijskom pakiranju. One čine 80% samoljepljivog tržišta u SAD. Drugi sektor su EDP etikete (koriste se samo pri označavanju varijabilnih informacija). Treći sektor se bazira na etiketama za cijene. Za njihovu izradu se koriste uređaji koji mogu biti ručni ili potpuno automatizirani. [2]



Slika 4. Nastajanje otiska na etiketi djelovanjem topline [Kit L. Yam, *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*, 2009.]

2.1.4 Etikete osjetljive na toplinu

Ovisno o načinu djelovanja ljepila postoje dvije vrste etiketa osjetljivih na toplinu. To su trenutne i one koje se aktiviraju sa zakašnjenjem. Kod trenutnih etiketa toplina i pritisak su istodobno primjenjeni na etiketu kako bi ju aplicirali direktno na proizvod. Kod proizvoda gdje bi toplina mogla uzrokovati oštećenje materijala koriste se etikete sa zakašnjenjem jer tu nema direktnog djelovanja topline na proizvod. Tržište za etikete sa usporenim djelovanjem su farmaceutska, staklena, kruta i polukruta plastična pakiranja. Trenutne etikete se koriste za etiketiranje toaletnog papira, keksa, i proizvoda omotanih u fleksibilnu foliju. [6]



Slika 5. Termalna samoljepljiva etiketa za označavanje hrane u trgovinama [vlastiti izvor]

2.1.5 In-mold etikete

In-mold etikete se tiskaju na papirne i sintetičke materijale od polietilena (PE) ili biaksalno orijentirane polipropilene (BoPP). One se nakon tiska stavljaju u kalup za izradu posude nakon čega slijedi dodavanje samog rastopljenog materijala. Temperatura rastopljenog materijala spaja otisak i posudu te tako nastaje uglađen i bezetiketni izgled (kao da je izvršeno direktno otiskivanje na posudu).



Slika 6. In-mold etiketa na prehrambenoj ambalaži [vlastiti izvor]

In-mold etikete izgledaju vrhunski jer mogu biti izrađene na visokokvalitetnim bakrotiskarskim ili ofsetnim strojevima. Otisci su otisnuti sa oštrim detaljima i preljepim ilustracijama, čime one daleko prelaze kvalitetu flexo tiska ili suhog ofseta. In-mold etikete se najčešće koriste kad se želi postići bezetiketni izgled ali i kod izrade fleksibilnih posudica. Također se koriste kod proizvoda gdje bi se etiketa mogla ukloniti zbog djelovanja temperature, masti, ulja ili uslijed fizičkog oštećenja. Kao dominantna tehnika koja se izvodi u SAD-u je upuhivanjem u kalup, dok se u Europi radi metodom injektiranja. U proizvodnji posudica ili spremnika etiketa stoji na mjestu u kalupu djelovanjem vakuuma ili elektrostatskih sila. Vruća smjesa se potom injektira (u kalup) formirajući posudicu i spajajući etiketu za stijenku posudice. Ako se koristi metoda upuhivanja u kalup potrebno je dodati i specijalna ljepila koja se aktiviraju toplinom. Ona kod tehnike injektiranja nisu potrebna. U oba slučaja etiketa je integrirana u vanjsku stijenku posudice ili spremnika. Zbog visoke cijene kalupa in-mold etikete nisu široko rasprostranjenje. [2]

2.1.6 Termo-skupljajuće rukavne etikete (shrink sleeve)

Termo-skupljajuće rukavne etikete nude mogućnost realiziranja ilustracija sa svih strana proizvoda pri čemu one poprimanja bilo koji oblik. Zbog svoje sposobnosti poprimanja raznih oblika skupljajući rukavi su postali vrlo popularni kod etiketiranja zakrivljenih boca i staklenki ali i kod spremnika gdje se sadržaj proizvoda istiskuje. Drugim riječima radi se o proizvodima koji su zahtjevni za etiketiranje i nemoguće ih je ostvariti s konvencionalnim etiketama. Skupljajući rukavi su otisnuti, zarolani i zaljepljeni tvoreći konačni oblik cilindra ili rukava. One se nakon toga stavljaju na proizvod te se puštaju u tunel s toplim zrakom kako bi se stisnule u konturu proizvoda. Dizajniranje i grafička priprema za skupljajuće rukavne etikete zahtjeva posebne softvere koji kompenziraju nepravilni oblik proizvoda. Ilustracije nakon tiska izgledaju izobličeno ali nakon skupljanja na proizvodu izgledaju onako kako su bile planirane.

Skupljanje materijala je najzahtjevniji dio procesa te se posebna pažnja provodi pri dizajniranju i apliciranju rukavca. Visokokvalitetna folija je od kardinalne važnosti za dobre rezultate kao i odabir pogodne debljine folije za željenu količinu skupljanja. Kod polivinil-kloridnih (PVC) filmova kontrola skupljanja je najveća, temperatura skupljanja je niska, što čini PVC najisplativijom opcijom. Polietilen-tereftalat obogaćen glikolom (PETG) je značajno skuplji ali se može puno više skupiti. To ga čini pogodnim za vrlo zakrivljene površine. Za recikliranje je pogodniji PETG jer se u procesu recikliranja rukav ne mora odvojiti od ambalaže što nije sličaj kod PVC rukava gdje se to mora (materijel etiketa i ambalaža nisu isti). Orijentirani polistiren (OPS) je cijenom jeftiniji od PETG-a. Međutim, zbog njegove nestabilnosti skupljanja teško je održati vezu između otiska na rukavu i oblika proizvoda. Zbog svoje visoke fleksibilnosti i niskog vertikalnog skupljanja pogodan je za spremnike gdje se sadržaj istiskuje iz ambalaže primjenom pritiska. Polilaktična kiselina (PLA) nudi moguću biorazgradivu alternativu. Ona se ne koristi često jer skupljajuće karakteristike nisu do kraja istražene.

Skupljajuće rukavne etikete se apliciraju tako da se rukav prvo navuče na ambalažu nakon čega ambalaža prolazi kroz toplinski tunel u kojem struji vrući zrak. Toplina u tunelu mora biti reguliranja točno na željenu temperaturu kako bi rukavna etiketa bila jednoliko napeta na ambalaži i kako bi pratila sve konture proizvoda. Uređaji za namještanje rukavne etikete i toplinski tunel moraju biti bez toplinskih oscilacija, što se radi tako da se temperatura i smjer upuhivača podešavaju u samom tunelu. U većini slučajeva napetost folije i konture spremnika osiguravaju da se rukavna etiketa neće pomicati tijekom uporabe proizvoda. Ipak kod proizvoda kao što su čašice za jogurt i teglice rukavac može

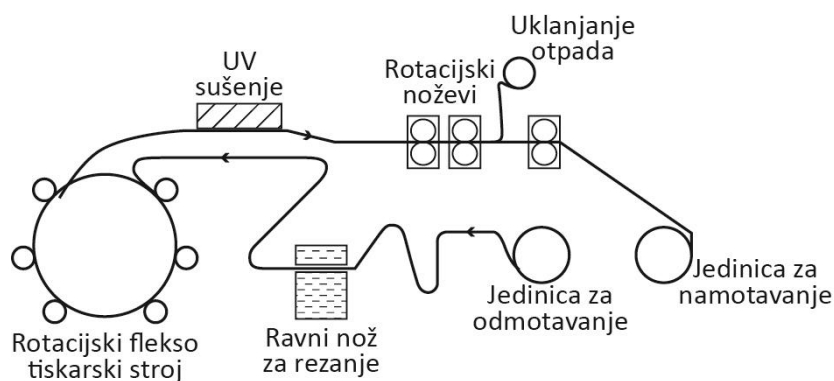
skliznuti što se sprječava s nekoliko kapljica toplinski aktiviranog ljepljiva s unutarnje strane rukavne etikete. [2] Primjer shrink-sleeve etikete je prikazan na slici 7.



Slika 7. Boca za sok sa temo-skupljajućom rukavnom etiketom [vlastiti izvor]

2.2 Tehnike tiska etiket

Kod tiska etiketa najčešće se koristi fleksotisak, letterpress, bakrotisak, ofsetni tisak, sitotisak i foliotisak vrućim preganjem. Međutim, u posljednje vrijeme posebno zbog tiska malih serija primjenjuju se i tehnike digitalnog tiska kao što su Inkjet i elektrofotografija. Ovo vrijedi za sve tipove etiketa tiskanih iz role ili arka. Premda je princip tiska iz role ili araka isti, izbor pojedine strojne konstrukcije i njegov trošak je različit za svaku pakirnu industriju. Tako se tisak na arke primarno radi u ofestnom tisku. Međutim, bakrotisak, letterpress i fleksotisak su glavne tehnike kod tiska samoljepljivih etiketa iz role. Uske samoljepljive etikete iz role su najbrže rastući segment tiska etiketa. Za buduće etikete tiskovne podloge su papirne role koje mogu biti širine od 50 mm, 250 mm, 300 mm i 400 mm. Takvi strojevi osim tiska sa 6, 8 ili 10 boja u jednom prolazu mogu izvoditi UV lakiranje, kao i niz doradnih funkcija (jedinica). Najčešće su to postupci poput rezanja (ravnim ili rotacijskim nožem), laminiranja raznim folijama, uklanjanja otpada, savijanja i perforiranja. Na samom kraju se otisnuta rola ponovno namotava. [7] Na slici 8. prikazan je shematski prikaz šesterobojnog satelitskog flekso stroja.

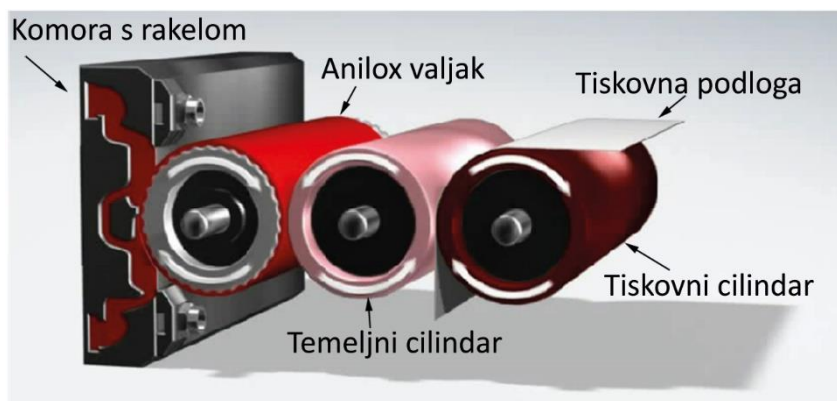


Slika 8. Shematski prikaz šesterobojne satelitske rotacije za tisak etiketa [Kit L. Yam, *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*, 2009.]

2.2.1 Fleksotisak

Jedna od najraširenijih tehnika tiska je fleksotisak. Glavna prednost je njegova brzina odnosno velika serijska reprodukcija. Osim toga upotrebljavaju se bojila na bazi alkohola koje brzo hlape, samim time omogućavaju osim tiska na papir tisak i na različite podloge. Zbog svoje brzine i cijene flexo etikete koštaju manje nego u nekoj drugoj tehnici tiska. Zbog niskih cijena strojeva, mnoge manje tiskare etiketa se odlučuju upravo za taj tiskarski proces. Jedna od prednosti flekso tiska je to što su potrebne vrlo male sile za prijenos bojila s tiskovne forme na podlogu, što ju čini

pogodnom za tisak na valovitu ljepenku i druge materijale koji bi se deformirali pod velikim pritiskom. Fleksotiskarski strojevi mogu jako varirati u složenosti konstrukcije. Osim o stroju i kvaliteti materijala kvaliteta otisnute etikete dobrim dijelom ovisi o znanju i vještini tiskara. [2] Bojila koja se koriste su viskozitetu od 0.05 Pa·s do 0.5 Pa·s a debljina ostvarenog nanosa je 1 μ m. Konstrukcija stroja s komornim rakelom i anilox valjkom daje najbolje rezultate. Tako u njoj imamo komoru s bojilom i rakelom koja služi za nanašanje bojila na aniloks valjak. Zato što je građen od malih čašica u njima se zadržava bojilo. Aniloks valjak nakon toga nanaša bojilo na fleksibilnu tiskovnu formu koja dolazi u kontakt s tiskovnom podlogom te tako formira otisak. [8]



Slika 9. Shematski prikaz jedne fleksotiskarske jedinice s aniloks valjkom i sustavom obojenja s komorom [Flint Group Narrow Web, Inks, Coatings & Varnishes Workshop, brošura, 2017.]

2.2.2 Letterpres (knjigotisak iz role)

Iako je u zadnje vrijeme letterpres općenito izgubio popularnost, u proizvodnji etiketa je još dominantan i dobiva sve veću popularnosti. U tisku etiketa iz role ona je druga najraširenija tehnika poslije fleksotiska a u nekim državama svijeta je i jedina. Ova tehnika se dobro prilagodila potrebama tiska etiketa dajući dobru reprodukciju za relativno nisku cijenu. Tiskarski strojevi su dostupni u konfiguraciji ploča-ploča, ploča-valjak i valjak-valjak. [7] Glavna prednost letterpresa je kvaliteta otiska i mogućnost da drži preciznost registra i tonova tijekom cijele naklade. U letterpresu je moguće kvalitetno tiskati pune tonove i tanke linije zato što su bojila u potpunosti pigmentirana i visoke svjetlostalnosti. Tiskovne forme također mogu biti različite pri čemu se najčešće koriste metalne i fotopolimerne. Razvitak UV sušućih bojila omogućilo je tisak na neupojne materijale poput vinila i poliestera što je uvelike proširilo njihovu primjenu. Princip otiskivanja je slična kao u fleksotisku jer obe dvije tehnike spadaju u tehniku vidokog tiska. Tiskovne forme u letterpresu su tvrđe nego u fleksu. Bojila su gušća te su viskozitetu od 50 Pa·s do 150 Pa·s. [8]

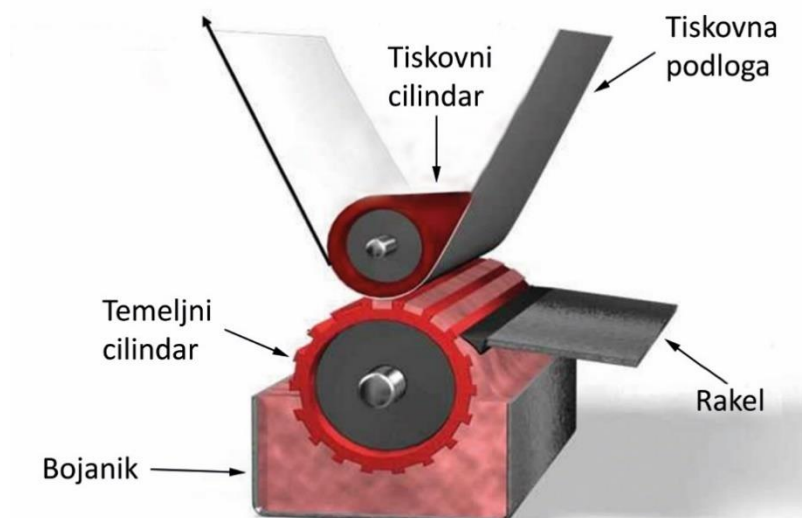
Za razliku od fleksa koji nanaša boju s anilox valjkom u letterpresu imamo cijeli sustav valjaka za nanašanje bojila (koji je građom sličniji ofsetnom sustavu). Na slici 10. je prikazan shematski prikaz jedne tiskarske jedinice letterpresa.



Slika 10. Shematski prikaz jedne letterpress jedinice [Flint Group Narrow Web, Inks, Coatings & Varnishes Workshop, brošura, 2017.]

2.2.3 Bakrotisak

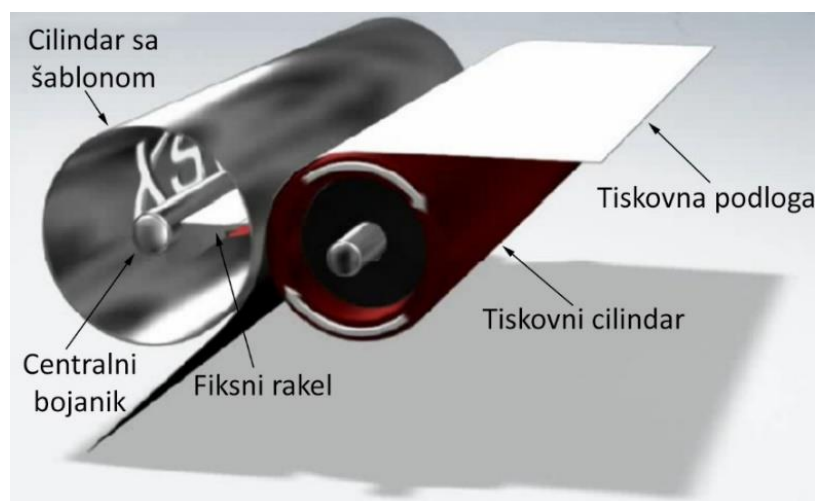
Bakrotisak kao tehnika otiskivanja daje izvrsnu kvalitetu otiska. Brzina produkcije je visoka te je ova tehnika najpogodniji za tisak ekstremno velikih naklada. Razlog tomu su skupe tiskovne forme odnosno cilindri čiji se troškovi izrade ne mogu vratiti tiskom malih nakladama. U bakrotisku se koriste vrlo rijetka bojila (viskoziteteta od 0.05 Pa·s do 0.2 Pa·s) koja mogu ostvariti potrebu brže opskrbe bojila na tiskovni cilindar (brzine tiska su od 5 m/s do 6.5 m/s). Sila koja je potrebna za prijenos na podlogu iznosi od 1.5 MPa do 5 MPa što je više u odnosu na druge konvencionalne tehnike. [8] Jedna bakrotiskarska jedinica se tako sastoji od graviranog temeljnog cilindra koji je uronjen u bojanik, rakela koji skida višak boje s njega i tiskovnog cilindra. Bakrotiskarski stroj obično ima i do 10 takvih jedinica.



Slika 11. Shematski prikaz jedne bakrotiskarske jedinice [Flint Group Narrow Web, Inks, Coatings & Varnishes Workshop, brošura, 2017.]

2.2.4 Sitotisak

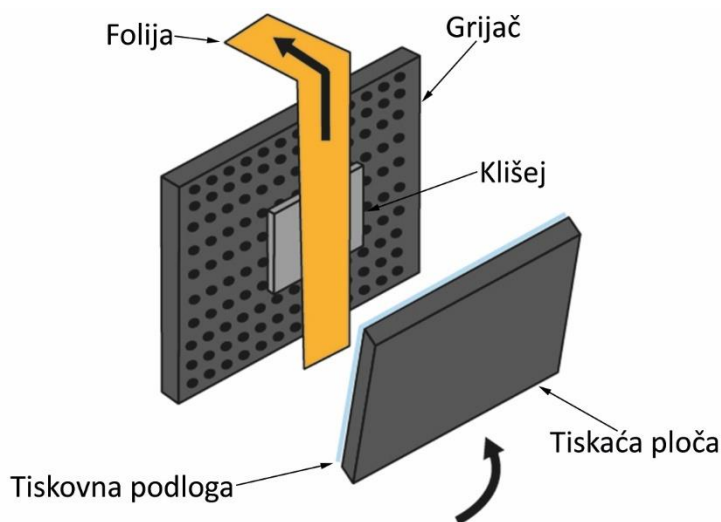
Sitotisak zbog jedinstvene tehnike nanašanja boje kroz sitotiskarsku mrežicu omogućava nanose koji se ne mogu postići ni u jednoj drugoj tehnici tiska. Karakterizira ga činjenica da može tiskati na svakoj podlozi. Tiskarski strojevi za tisak etiketa su napravljeni tako da mogu raditi samostalno (samo sitotiskarska rotacija), ali postoji i varijanta gdje se sitotiskarske jedinice dodaju na leterpres stroju ostvarujući tako dodatnu tiskarsku vrijednost. Jedna od velikih prednosti sitotiska je to što su ostvarivi debeli nanosi bojila. Za potrebe tiska etiketa prvenstveno se koriste sitotiskarske rotacije. Rotacijska sitotiskarska jedinica se sastoji od jednog cilindra sa šablonom (propusnom TF) koji u sebi ima fiksni rakel i centralni bojanik koji konstantno opskrbljava jedinicu s bojilom, te jednog tiskovnog cilindra, Pri rotaciji cilindra sa šablonom fiksni rakel gura bojilo kroz otvore u cilindru te ona prelazi na podlogu. Na slici 12. Prikazana je rotacijska sitotiskarska jedinica. [8]



Slika 12. Shematski prikaz jedne sitotiskarske jedinice koja radi principom rotacije [Flint Group Narrow Web, Inks, Coatings & Varnishes Workshop, brošura, 2017.]

2.2.5 Foliotisak vrućim preganjem

Za potrebe otiskivanja metalik efekata na etiketama koristi se vrući tisak folije. Foliotisak pripada u tehnike visokog tiska te se radi na dva načina; kao zaseban stroj koji radi samo foliotisak ili kao nadogradnja na liniju s nekom drugom tehnikom tiska. Međutim, kad je u kombinaciji sa nekom drugom tehnikom daje upečatljiv efekt. Foliotisak radi na principu djelovanja topline i pritiska na foliju koja onda selektivno otpušta zagrijane dijelove folije koji se lijepe na podlogu. Takav klišej ima uvijek povišene tiskovne elemente koji dolaze u kontakt sa folijom. Parcijalno otpuštanje nam omogućava folija koja ima 4 osnovna sloja. To su: noseći sloj, sloj koji se skida, sloj boje i ljepilo.



Slika 13. Shema foliotiska vrućim preganjem [izv. prof. dr. sc. Igor Majnarić, Predavanje Knjigotisak i Letterset 3. dio, 2014.]

2.3 Postavljanje etikete na proizvod (etiketiranje)

Etikete mogu biti fiksirane na skoro sve površine. One označavaju sadržaj, svojstva, vlasništvo ili destinaciju proizvoda. Etiketiranje je proces pričvršćivanja etikete na određenu površinu, predmet ili proizvod. U početku etikete su se koristile samo kako bi označavale proizvod ili kako bi dale informacije o svojstvima ili svrsi etiketiranog predmeta. Danas su etikete zakonski propisane, i gleda se na njih kao element dizajna pakiranja ili proizvoda. U nekim slučajima etikete su postale čak proizvod za sebe. [2]

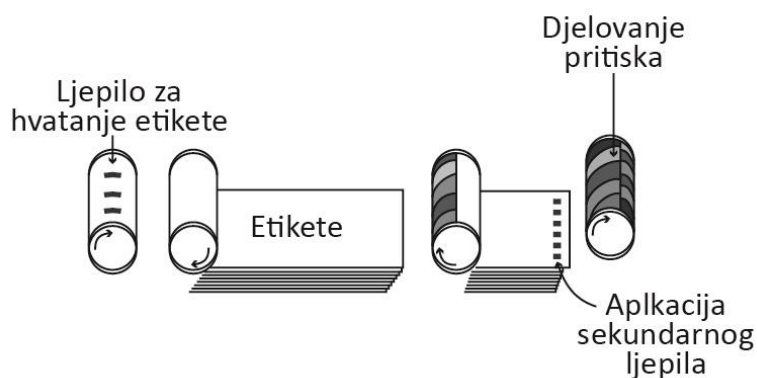
Nakon što je etiketa otisnuta ona mora biti aplicirana u točnoj poziciji na proizvodu. Etiketa mora biti sigurno pozicionirana da bi ostala na predviđenom mjestu do kraja korištenja proizvoda. Različiti vanjski uvjeti ne bi smjeli imati utjecaja na nju te bi ona uvijek trebala dobro izgledati. S druge strane u slučaju povratne ambalaže (staklene boce) etiketa će se morati moći lako skidati u procesu pranja. Proces etiketiranja mora biti u koraku sa producijskim zahtjevima proizvođača. Tako se na pakirnim linijama i strojevima za etiketiranje mora održavati isti tempo kao i na proizvodnim linijama (često visokim brzinama) sa minimalnim brojem stajanja i čekanja. Ovisi o tipu etikete postoje više tehnika apliciranja etiketa. Neke se postavljaju sa ručnim dispencerima, dok se druge apliciraju automatskim ili poluatutomatskim strojevima. Etikete pritom mogu biti zaljepljene tekućim ljepilom, ljepilom osjetljivim na pritisak ili ljepilom osjetljivim na toplinu.

2.3.1 Strojevi za etiketiranje tekućim ljepilom

Etiketiranje tekućim ljepilom je najjeftiniji sistem etiketiranja na tržištu. Po stupnju automatiziranosti postoji veliki raspon strojeva od jednostavnijih poluautomatskih do visokoprodukcijskih naprednih modela čija brzina apliciranja etikete postiže i do 600 aplikacija u minuti. Princip nanašanja ploča-valjak i valjak-valjak ostvaruju transfer etikete vakuomom ili hvataljkom. To su opcije koje se najčešće koriste u ambalažnoj industriji (posebno u prehrambenoj industriji) ili gdje se radi etiketiranje velikog broja boca. Bez obzira da li su etikete aplicirane ručno, poluautomatski ili automatski, svi postupci etiketiranja tekućim ljepilom, imaju iste korake. To su:

1. Ulaganje etiketa jedna po jedna iz spremnika
2. Premazivanje etikete sa ljepilom
3. Postavljanje etikete na proizvod kako bi bila etiketirana na točnoj poziciji
4. Osiguravanje točne pozicije proizvoda kako bi se točno etiketirala
5. Djelovanje pritiska da bi se etiketa izravnala i time ostvario dobar kontakt za lijepljenje
6. Izlaganje proizvoda nakon etiketiranja

Ljepilo je prvo aplicirano na konzervu. Rotacijom konzerve iznad spremnika s etiketama ljepilo hvata etiketu koja se omotava oko konzerve. Mjesto drugog apliciranja ljepila je na suprotnom rubu etikete te se djelovanjem pritiska dovršava proces etiketiranja. Ovakav princip postavljanja etiketa koristi se za svu ambalažu u obliku valjka koja se etiketira tekućim ljepilom. [9] Primjer nanašanja etikete na metalnu konzervu prikazan je na slici 14.



Slika 14. Shema principa etiketiranja konzervi [Kit L. Yam, *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*, 2009.]

Ako jedan od ovih koraka nije izvršen u pravo vrijeme to rezultira sa greškama kao što su: neetiketiran proizvod, loše pozicionirana etiketa, naborana ili podrapana etiketa ili zaustavljanje stroja. Strojevi za etiketiranje uglavnom variraju u načinu obavljanja

osnovnih koraka. Tako naprimjer, neke etikete koriste vakuum za ulaganje etiketa a neke koriste samu adheziju ljepila. Tekuća ljepila koja se koriste u etiketiranju dijele se u 5 glavnih skupina. To su: ljepila na bazi dekstrina, kazeinska ljepila, škrobna ljepila, ljepila od sintetičkih smola i hot melt (rastaljenim) ljepila. Osim hot melta, sve ove vrste ljepila u sebi sadržavaju vodu. Brzina sušenja ovisi o tome koliko će se brzo voda ukloniti iz sastava odnosno upijanjem ljepila u etiketu. Ako voda neće imati mogućnost eliminiranja ljepilo neće djelovati.

Sintetičke smole od kojih je najpoznatija na bazi polivinil acetate (PVA), ima najveću prednost kod brzog ljepljenja. To je zbog posebne sposobnosti gustih smola čije se čestice polimera međusobno privlače i tvore tanak sloj koji omogućuje da se manja količina vode treba eliminirati. To znači da je potrebno kraće vrijeme djelovanja nego kod ljepila na bazi prirodnih materijala. Samim time ljepila na bazi sintetičkih smola upotrebljavaju se kod etiketiranja plastičnih boca ili staklene ambalaže. Ljepila na bazi, dekstrina, kazeina i škroba koja imaju probleme pri stvaranju trajne veze. Takva ljepila ograničena su na uporabu kod nepovratnih boca jer osušeno ljepilo ima visoku otpornost na vodu i sredstva za čišćenje. Jedna od prednosti je mala početna ljepljivost što ograničava njihovu aplikaciju na strojevima gdje etiketa ima česti mehanički kontakt s proizvodnom linijom.

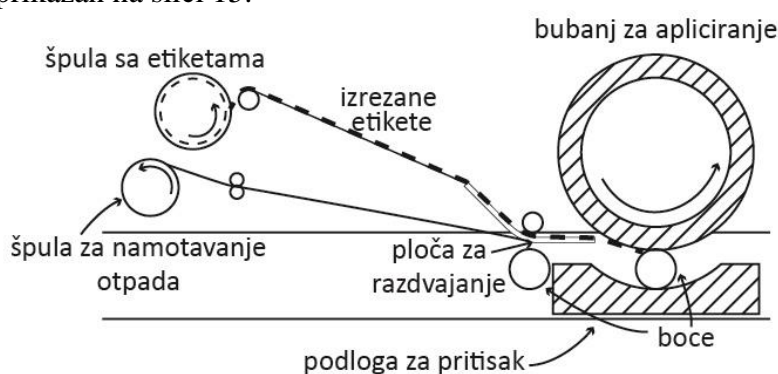
Hot melt ljepila su u sastavu 100% krutine. One se tope pri zagrijavanju i tvore čvrstu vezu postupkom hlađenjem. Također imaju visoku početnu ljepljivost pa se koriste pri visokim brzinama apliciranja što je slučaj kod PVC materijala i polietilena (PE). Međutim, nisu pogodna za ambalažu na kojoj bi se mogla skupljati vlaga ili koja bi mogla doći u kontakt s vodom. Pri odabiru najpogodnijeg ljepila moraju se tako svi manji faktori uzeti u obzir. Neki od tih faktora su: uvjeti proizvodnje, vrsta predmeta i njegovo stanje u proizvodnji, svojstva etiketnog papira, transport predmeta i skladišni uvjeti, kao i specifični korisnički zahtjevi. [2]

2.3.2 Montaža etiketa osjetljivih na pritisak

Ljepilo koje se koristi u etiketama osjetljivim na pritisak je trajno u krutom agregatskom stanju. Takva etiketa posjeduje svojstvo trenutne adhezivnosti, što znači da trenutno osigurava vezu na velikom broju materijala uslijed djelovanja laganog pritiska. Stoga za aktiviranje nije potrebno ljepilo (jer je već nanoseno na etiketni materijal), voda ni toplina. Zbog stalne ljepljivosti (kako se ne bi nekontrolirano ljepila) potreban je dodatni noseći sloj koji štiti ljepljivi sloj etikete sve do trenutka kontakta sa proizvodom. Noseći sloj etikete često je premazan sa tvarima koje sprječavaju da se etiketa prejak zalijepi.

Kod samoljepljivih etiketa postoje tako više različitih vrsta aplikatora. Međutim, sve imaju jednu zajedničku stvar: lagano odvajanje etikete od nosećeg sloja. Način na koji se etikete odvajaju od noseće folije najčešće je preko odvajajuće ploče. Tako s gornje strane ploče prolazi traka sa izrezanim etiketama dok se sa donje strane (u suprotnom smjeru) vrši namotavanje samo nosećeg sloja. Nakon što se noseći sloj presavije oko ploče (pod oštrim kutem) rub etikete se odljepljuje. Nakon toga se odvojena etiketa transportira do proizvoda.

Postoji više načina kako etiketu transportirati i pozicionirati na proizvod. Proizvodi mogu biti ubacivani u smjeru bubnja za apliciranje (gdje se nalazi odvojena etiketa) te djelovanjem laganog pritiska bubnja se etiketa aplicira na bocu. Takav princip je prikazan na slici 15.



Slika 15. Čest tip nanašanja samoljepljivih etiketa [Kit L. Yam, *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*, 2009.]

Također, etiketa može biti pozicionirana na vakuumskom bubnju ili kao kutija koja otpušta etiketu na artikl u pravom trenutku i točnoj poziciji. Također može biti ispuhana na proizvod koristeći vakuum i raspušeni zrak. Noseći sloj je onda namotan na špulu za namotavanje nosećeg sloja. Osim visoko produkcijskih aplikatora etiketa postoje i ručni dispenzeri za ručno apliciranje etiketa. Strojevi za etiketiranje etiketa osjetljivih na pritisak variraju u složenosti izvedbe ovisno o svojstvima proizvoda kojeg etiketiramo, broju etiketa koje se istodobno nanašaju i brzini apliciranja. Na tržištu postoje i poluautomatski strojevi za nanašanje jedne etikete koji se koriste kod srednje velikih serija. Osim standardnih strojeva za etiketiranje, često se mogu pronaći i specijalni strojevi koji su prilagođeni posebnim uvjetima etiketiranja.

Iz svega toga može se reći da su prednosti etiketa osjetljivih na pritisak brojne. Linija za etiketiranje je čišća nego kod ostale metoda etiketiranja, ostvaruju manje škarta nego kod apliciranja tekućim ljepljivom i lakše se kontroliraju prilikom proizvodnje (pošto su u rolama pa se etikete ne mogu pomiješati). Zbog širokog spektra proizvodnih podloga postoje i razne vrste ljepljiva. Za prozirne etikete koriste se folije od prozirnog acetata, vinila i poliestera. [9]

2.3.3 Montaža etiketa osjetljivih na toplinu

Etikete osjetljive na toplinu imaju gotovo sve prednosti kao i etikete osjetljive na pritisak. Međutim, one generalno imaju nižu cijenu. Takve se etikete rade od plastificiranog papira kojemu doljnja strana postane ljepljiva tek pod djelovanjem topline. Oprema za etiketiranje ima raspon primjene od jednostavnih do visoko produkcijskih etiketnih mašina. Strojevi tako ne zahtjevaju od operatera da miješa i dodaje ljepilo već samo kontrolira nanos i viskozitet ljepila. Nedostatak tekućeg ljepila eliminira potrebu za dodatnim čišćenjem, što štedi novac i povećava produktivnost. Također time se samanjuju i troškovi održavanja stroja za etiketiranje. Ove etikete tvore snažnu i sigurnu ljepljivu vezu što je posebno korisno kod klimatskih uvjeta sa visokom vlagom. Od dvije vrste spomenutih etiketa osjetljivih na toplinu, one sa zakašnjenjem su najpogodnije za strojno etiketiranje. Sposobnost da ljepilo ostane ljepljivo i nakon uklanjanja izvora topline daje mogućnost proizvođačima etiketnih strojeva da razdvoji izvor topline od djela koji vrši pritisak. Time grijući elementi mogu biti jednostavne i univerzalne izvedbe. Međutim, elementi koji vrše pritisak mijenjaju oblik ovisno o predmetu omogućavajući etiketiranje raznih veličina i oblika. [10]

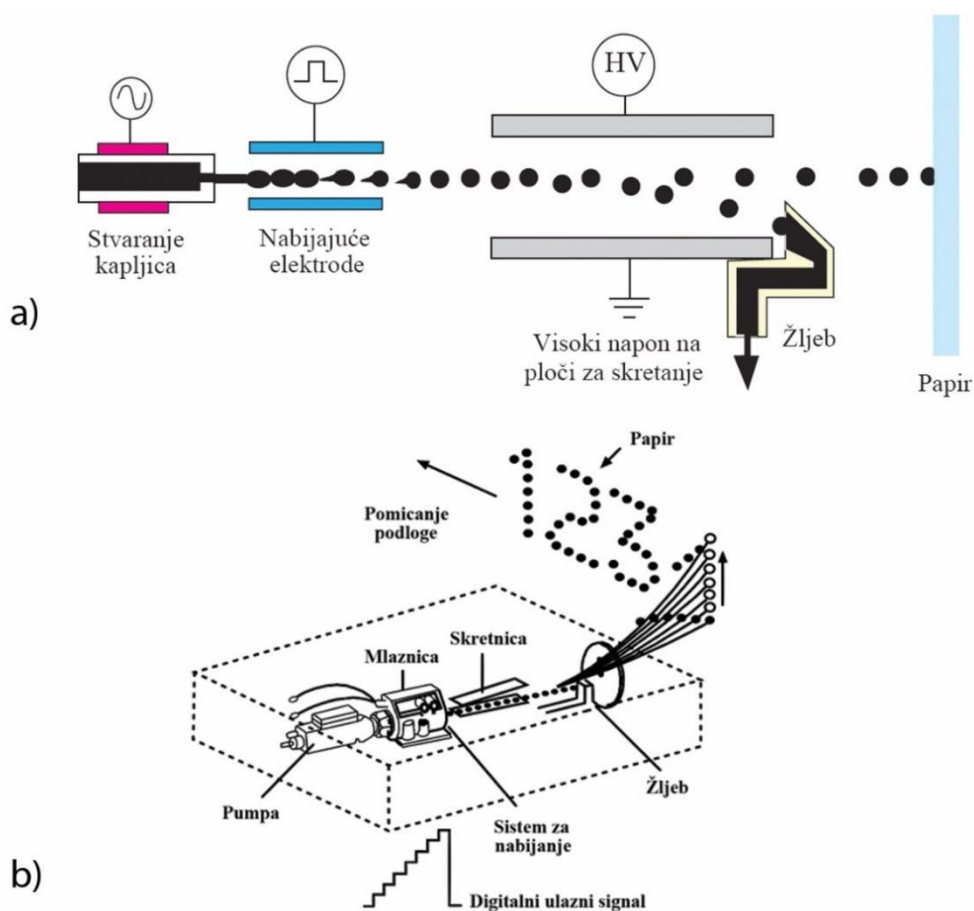
2.3.4 Strojevi za naknadno otiskivanje etiketa

Prilikom nanašanja etiketa ponekad postoji zahtjev da se na praznim djelovima etikete ili djelomično otisnutim etiketama vrši naknadno otiskivanje. Tako se naknadno otiskivaju varijabilne informacije poput: cijene, cijene/težine, datuma proizvodnje, bar koda, itd.. Postoje različiti mehanički, elektronički ili kompjuterski strojevi za takvo etiketiranje. Ovakve dodatno otisnute etikete su popularne za označavanje robe u robnim kućama, maloprodajnim trgovinama, veleprodaji i mnogim drugim industrijama. Mehanički sistemi otiskivanja variraju od malih ručnih uređaja sa jedan ili dva seta pokretnih mehanizama (s dva kanala znakova), do elektroničkih ručnih verzija korištenih za ispis cijena i deklaraciju sa konvencionalnim ili EDP čitljivim fontovima. [7] Trendovi sve više idu prema elektroničkim uređajima, koji sada mogu raditi grafike, bar kodove, alfanumeričke i mnoge druge kodove. Priprema za tisak za takav ispis izvodi se direktno na uređaju preko vlastite tipkovnice.

Danas popularna tehnika za naknadno otiskivanje deklaracija i cijena je binarni kontinuirani Inkjet koji otiskuje etikete brzinama i do 5 m/s. Taj sistem funkcionira na principu kontinuiranog stvaranja kapljica. Ovisno o tome jesu li kapljice bojila nabijene ili nenabijene one završavaju na tiskovnoj podlozi odnosno u žljebu kroz koji se bojilo ponovno vraća u sistem za otiskivanje. [32] Primjer otiska prikazan je na slici 16, a shema principa rada prikazana je na slici 17a i 17b.



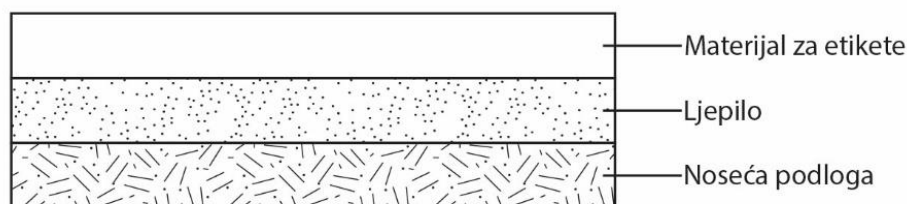
Slika 16. Otisak koda kontinuiranog binarnog inkjeta



Slika 17. Shema principa rada binarnog kontinuiranog inkjeta [Igor Majnarić, Osnove digitalnog tiska, 2015.]

2.4 Sastav samoljepljivih etiketa

Radi svojeg laganog i brzog nanašanja na razne podloge sve češće su u upotrebi samoljepljivi materijali. Konstrukcijski su to vrlo složeni materijali koji u najjednostavnijoj izvedbi imaju 3 sloja. U složenijim izvedbama etiketa broj slojeva može narasti i do 5 čime se omogućuje zaštita i sigurnosna uporaba. Drugim riječima svaka samoljepljiva etiketa mora sadržavati noseću podlogu koju još nazivamo i liner, funkcionalno ljepilo i gornji sloj (otisnuti materijal same etikete).



Slika 18. Osnovni slojevi samoljepljive etikete [Kit L. Yam, The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology, 2009.]

2.4.1 Liner (noseća podloga)

Liner je tanki donji sloj na samoljepljivom etiketnom materijalu koji sprječava nekontrolirano lijepljenje funkcionalnog dijela etikete (postoji bez obzira da li je u roli ili iz arka). Liner također sprječava prerano odljepljivanje etikete, štiti ljepilo od prašine ili nekih drugih oštećenja te usporava propadanje zbog atmosferskih uvijeta. Služi i za podupiranje gornjeg sloja u tisku, omogućuju rezanje ili neku drugu grafičku obradu. Lineri mogu biti građeni od papira ili polimera. Papirnati lineri su obavezno premazani slojem silikona kako bi olakšali razdvajanje gornjeg sloja i ljepila od lineru (bez trganja), dok se polimerni lineri koriste kod prozirnih etiketa. Takvi polimerni lineri zbog svoje visoke glatkoće imaju nanos ljepljiva koji je jednolik što omogućava dobro prijanjanje etikete te se vizualno ljepilo ne može uočiti kroz prozirnu etiketu.

Papirnati lineri

Papiri koji se koriste kao lineri u etiketama su dizajnirani tako da mogu podnijeti veću vlačnu silu nego obični papiri. [14] Neki od tih papira su: SCK papiri (super-kalandrirani kraft/natron papiri koji se koriste u SAD-u, i uglavnom su gramature od 30 do 40 g/m²); Stakleni papiri Glassine (super-kalandrirani papir sa premazom od polivinilnog alkohola, koriste se u Europi i njihova gramatura kreće se od 50 do 90 g/m²). Ostali papiri koji se koriste su: CCK papiri (papiri premazani glinom, gramature su od 80 do 150 g/m²); MFK papiri (polusatirani kraft papiri); MG papiri (satinirane površine). [12]

Polimerni lineri

Iako imaju manju debljinu polimerni lineri su čvršći od papirnatih. Koriste se kod visoko produkcijskih mašina zbog svoje veće mehaničke otpornosti. Polimeri koji se koriste su biaksijalno orijentirani-polietilen tereftalat (BO-PET) koji ima visoku temperaturnu otpornost i visoke je čvrstoće. Biaksijalno orijentirani oolioropilen (BOPP) koji je otporan je na zamor materijala, vlagu, visoke je čvrstoće i transparentnosti, u boji je te ima odlične tiskarske osobine, nije toksičan pa je pogodan za prehrambeni industriju. Polietilen niske gustoće (LDPE=low-density polyethylene) ima dobru otpornost na kemikalije dok je polietilen visoke gustoće (HDPE=high-density polyethylene) također otporan na kemikalije.

Postoje i kombinacije linera rađenih od više materijala. Neki od njih su: polusatinirani natron papiri sa premazom od poliolefina sa jedne ili dvije strane te biaksijalno orijentirani polietilen tereftalat sa premazom od poliolefina. Papiri time dobivaju visoku glatkoću, otpornost na vlagu i dimenzionalnu stabilnost. [14]

Osim baznog materijala na linere se dodaju i premazi kako bi se lakše odvojili od gornjeg sloja. Prvi premazi koji su se koristili bili su šelak, škrob, kazein i nitroceluloza. Ovi zastarijeli premazi nisu bili dobrih svojstava, a primjenjivali su se da spriječe prodiranje ljepljivosti u bazni sloj linera. Danas postoje UV sušeci premazi koji su i u malim nanosima dovoljni za dobre rezultate. Ti premazi su na bazi silikona, koji zbog svoje niske površinske energije (22 do 24 dyne/cm) dobro odvajaju etikete pri niskim brzinama te je zbog toga pogodan za sve vrste linera uključujući i polimerne filmove. Također oni mogu biti i voskovi, oni se prvenstveno koriste kao aditivi polimernim premazima. Postoje i premazi od razgranatih polimera koji se lako nanašaju i dobro odvajaju gornji sloj (najčešće su to kopolimeri alkil akrilata i akrilne kiseline, nitroceluloze i vinil klorida). Premazi mogu biti i od polivinil karbamata, koji se isključivo koriste kod plastičnih linera. Kromovi kompleksi su česti premazi jer čine papir hidrofobnim. Amini se koriste kao premazi kod visokih produkcijskih brzina jer imaju vrlo dobra svojstva odljepljivanja. [13]

U procesu tiska i obrade etikete, samoljepljivi etiketni materijal prolazi kroz valjke koji savijaju materijal, te ga izlažu visokim temperaturama i vlazi. Kako ne bi došlo do trajnog savijanja etikete važno je izabrati liner koji prilikom proizvodnje ostaje ravan. Također pri visokoj brzini nanašanja etiketa kako ne došlo do pucaja liner mora biti prikladne čvrstoće. Najvažnije karakteristike često korištenih linera zajedno s ocijenama su prikazani na tablici 1. gdje je ocjena 1 najlošije svojstvo a 10 idealno svojstvo.

Tablica 1. Često korišteni lineri ocijenjeni na skali od 1 do 10
 [<https://barcode-labels.com/getting-started/labels/liners/>]

Svojstvo	Lineri korišteni u proizvodnji etiketa				
	Kraft papir u roli	Stakleni papir	Kraft papir premazan polimerom	Kraft papir u Arku	PET
Debljina	63.5-116.8 μm	55.9-78.7 μm	76.2-203.2 μm	116.8-304.8 μm	25.4-101.6 μm
Glatkoća	6	7	7	7	10
Čvrstoća	6	7	7	7	10
Mogućnost izrezivanja	6	7	7	6	10
Odljepljivanje	6	7	7	N/A	10
Zadržavanje ravnine	4	4	6	7	9
Izrada iz arka	N/A	2	6	7	9
Tisak stražnje strane	7	varira	varira	varira	4
Cijena	3	3	5	5	8

2.4.2 Ljepila u etiketama

Po kemijskom sastavu ljepila koja se koriste u samoljepljivim etiketama dijele se na akrila ljepila i ljepila na bazi gume. Vrsta ljepila direkto utječe na svojstva kao što su početni sloj, konačni spoj i otpornost na smicanje.

Početni spoj opisuje snagu veze etikete i podloge odmah nakon izvršenog kontakta. Etiketa sa jakim početnim spojem tvori jaku početnu vezu sa podlogom, dok etiketa sa slabim početnim spojem tvori slabu vezu što u konačnici može značiti loše pozicioniranje etikete.

Konačni spoj definira najveću moguću snagu veze koju etiketa postiže u kontaktu sa podlogom na koju se aplicira. Vrijeme postizanja konačnog spoja ovisi o krutosti ljepila, hrapavosti podloge i temperaturi okoline. To vrijeme može trajati od 2 do 24 sata. Jačina početnog i konačnog spoja nisu nužno povezane i to su potpuno neovisne karakteristike

Otpornost na smicanje je mjera za unutarnju snagu kohezijskih sila u ljepilu. Tako je smicanje ljepila pokazatelj koliko je ljepilo mekano. Mekano ljepilo ima veću tendenciju da se etiketa giba paralelno sa podlogom, što može rezultirati popuštanjem ljepila ako je

etiketa izložena velikom stresu. Tvrđe ljepilo posjeduje jače unutarnje kohezijske sile te takva etiketa nema sklonost gibanju pa je time i mogućnost da ljepilo popusti puno manje.

Ljepila u etiketama na bazi gume

Ljepila na bazi gume su napravljena od organskih ili sintetičkih guma i smola. Ljepila na bazi organskih guma su nešto jeftina i dobro služe kod aplikacija gdje je nisko opterećenje na smicanje. Od sintetičkih guma koriste se: stiren butadien (SBR) ili stiren blok kopolimeri kao što su, stiren-butadien stiren (SBS), stiren-izopren-stiren (SIS), stiren-etilen/butilen-stiren (SEBS). Ova ljepila mogu biti točno dizajnirana tako da smjesa daje točno definirane kohezijske sile, jačinu početnog i konačnog spoja.

Obje vrste su napravljene kao ljepila opće namjene te su podložna utjecaju oksidacije i UV zračenja. Ova ljepila imaju jaki početni i konačni spoj, dobro se vežu na sve vrste podložnog materijala (posebno su efektivna kod polimernih površina). [16] Prikladnija su za korištenje u interijeru zbog osjetljivosti na UV zračenje, visoke temperature, vlagu, otapala i kemikalije. Rade se u formi tekućeg ljepila i na bazi otapala, te mogu biti trajne ili uklanjajuće. Uklanjajućim etiketama s vremenom raste snaga što može dovesti do toga da postanu trajne. [17]

Akrilna ljepila za etikete

Akrilna ljepila su napravljena od umreženih akrilni polimera. Pogodna su za primjenu na širokom rasponu materijala uključujući metale, drvo i staklo. Posjeduju izvrsnu otpornost na smicanje, UV zračenje, vlagu, kemikalije, otapala i ekstremne temperature. To ujedno čini akrilna ljepila boljom opcijom gdje je potrebna izdržljivost, stabilnost i svestranost ljepila. [14] Za razliku od ljepila na bazi guma zbog vodootpornosti mogu se koristiti za unutarnju i vanjsku uporabu. Međutim, ona su i skuplja, manje efektivna kod plastičnih podloga, slabijeg početnog i konačnog spoja, te vrijeme spajanja traje duže. Prije primjene mogu biti u formi emulzije i na bazi organskih otapala. Moguće ih je koristiti kao trajna, uklanjajuća ili sa mogućnosti višestrukih uklanjanja (premiještanja).

Modificirana akrilna ljepila za etikete

Ovaj tip ljepila je napravljen od akrilnih polimera sa dodatcima vezivnih smola koje nalazimo u ljepilima na bazi gume. Dodavanjem vezivnih smola početna jačina spoja se poboljšava, te se bolje vežu za materiale sa niskom površinskom energijom. Zbog aditiva u ljepilu se smanjuje otpornost na UV zračenje i organska otapala. [18] Ova ljepila imaju bolja svojstva jačine početnog i konačnog spoja, ali gube na unutarnjim kohezijskim silama ljepila i loša im je otpornosti na vanjske uvijete.

Silikonska ljepila za etikete

Ova ljepila su napravljena su od silikonskih polimera. Cijena im je veća u odnosu na druge vrste ljepila. Nemaju jaki početni i konačni spoj ali imaju izvrsnu otpornost na ekstremne temperature (od - 73 °C do 370 °C) te su i otporna na veći broj kemikalija. Ovo je jedina samoljepljiva etiketa koja se dobro lijepi uz silikone ili linere sa slikonskim slojem. [17] Osim kemijske podjele ljepila odnosno podjele po sastavu, ljepila se dijele i po tehnici nanašanja ljepila na liner. Tako danas razlikujemo: toplinski rastopljena ljepila (hot-melt), emulzijska ljepila i ljepila na bazi otapala.

Emulzijska ljepila za etikete

Emulzijska ljepila mogu biti akrilna (češća varijanta) ili na bazi guma. Raden a principu tako da se baza ljepila miješa sa tekućinom (najčešće vodom) gdje voda služi kao nosilac ljepila. Nakon miješanja ljepila i tekućine ljepilo se u formi emulzije nanaša na liner koji se potom suši kako bi tekućina isparila i ostalao samo ljepilo. Nakon toga se liner s ljepilom spaja sa gornjim slojem etikete na kojemu se vrši tisak. Prednosti ljepila na bazi vode su mogućnost direktnog lijepljenja na hranu i druge osjetljive proizvode, nevidljivost ljepila, lako uklanjanje neiskorištenog prednjeg sloja etikete, brzo etiketiranje proizvoda i široki temperaturni raspon primjene. Ova ljepila su ekonomski i ekološki prihvatljiva te su čest izbor za prehrambenu i farmaceutsku industriju. [20]

Ljepila za etikete na bazi otapala

Ljepila na bazi otapala mogu biti akrilna ili na bazi guma. Ljepila na bazi guma se uglavnom nanašaju u kombinaciji s organskim otapalom. Proces je vrlo sličan kao i kod emulzijskih ljepila, gdje se smjesa ljepila i aditiva (plastifikatori, dodaci za povećavanje početne lijepljivosti, itd...) rastapaju u otapalu te se nanašaju na noseći sloj. Matoda nanašanja može biti četkom, valjkom ili špricanjem mlaznicom. Zbog toga što ova ljepila sadrže veliki udio lako hlapljivih organskih spojeva mogu biti štetna i iritirajuća. U usporedbi sa ljepilima na bazi vode, ljepila na bazi organskih otapala su zato fleksibilnija, imaju jaču konačnu snagu veze i mogu biti formulirana tako da se lijepe na širi raspon podloga. Gumena ljepila na bazi otapala se lakše uklanjaju nego akrilna ljepila. Zbog toga što su na bazi hlapljivih organskih spojeva manje su osjetljiva na masti i ulja koja se često nalaze na podlozi (predmetu) prije postavljanja etikete. [19]

Rastopljena ljepila (hot-melt)

Rastopljena ljepila također mogu biti na bazi gume ili akrila. Rade se tako da se dodaje neki termoplast koji se rastapa, pri čemu se u smjesu obavezno dodaju aditivi za

povećavanje početne ljepljivosti i plastifikatori. Nakon nanašanja rastopljene smjese na liner smjesa se hladi i na nju se laminira lice etikete. Hot-melt ljepila se dobro vežu na širok raspon podloga od PP, PE i kartona. Kod akrilnih hot-melt ljepila potrebne su UV lampe za sušenje. Akrilna ljepila bolje podnose UV zračenje i visoke temperature nego gumena ljepila. U tablici 2. prikazana su i komparirana sva navedena ljepila. [16]

Tablica 2. Komparacija osnovnih vrsta ljepila u izradi etiketa

[<https://www.mddionline.com/news/fundamentals-selecting-pressure-sensitive-adhesives>]

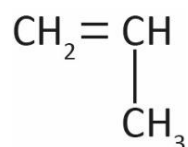
Svojstvo	Vrste ljepila u etiketama			
	Na bazi gume	Akrilna	Modificirana akrilna ljepila	Silikonska ljepila
Cijena	niska	srednje/ visoka	srednje/ visoka	vrlo visoka
Početna jačina spoja	srednje/ visoka	srednje/niska	visoka	niska
Konačna jačina spoja	srednje/ visoka	srednje/visoka	visoka	Srednje/niska
Otpornost na temperaturu	niska	visoka	srednje/niska	vrlo visoka
Otpornost na smicanje	srednje/ visoka	visoka	niska	umjerena
Otpornost na uv zrake	niska	izvrсна	srednje/niska	izvrсна
Otpornost na otapala	niska	visoka	srednje/niska	izvrсна
Otpornost na plastifikatore	niska	srednja	srednja	izvrсна
Materijali niske povr. energije	izvrсна	srednja	izvrсна	niska
Materijali visoke povr. energije	izvrсна	izvrсна	izvrсна	srednja

Ljepila na bazi guma su dobar izbor za primjene u interijeru te se koriste za izradu univerzalnih etiketa koje se mogu aplicirati na više vrstu proizvoda (podloga), također se koristi za kratkoročnu ambalaži koja nije u ekstremnim uvjetima. Akrilna ljepila su dobar izbor kada etiketu apliciramo na proizvode i predmete koji su izloženi vanjskim uvjetima te mehaničkom stresu. Također dobro funkcioniraju i u industrijskim uvjetima jer su otporna na otapala. Modificirana akrilna ljepila su odličan izbor kod unutarnjih primjena gdje je potrebna dugotrajna i snažna veza. Takva etiketa je univerzalna te se može lijepiti na razne podloge (proizvode). Silionska etiketa ima najveću cijenu te je najbolji izbor kod specijalnih primjena zbog izvrsne otpornosti na UV zračenje, ekstremne temperature i otapala.

2.5 Materijali za izradu samoljepljivih etiketa

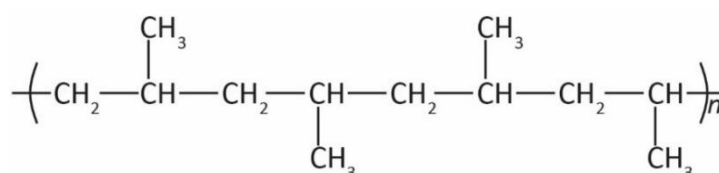
2.5.1 Polipropilen

Na osnovi rada i istraživanja K. Zieglera koji se bavio polimerizacijom monomera propilena nastao je polipropilen. Međutim, prvi istinski patent napravio je G. Natta 1954. godine. Za polipropilen je karakteristično da makromolekula PP-a sadrži 10,000 do 20,000 jedinica monomera. [21]

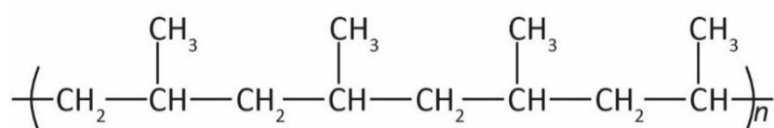


Slika 19. Struktura Monomera Propilena

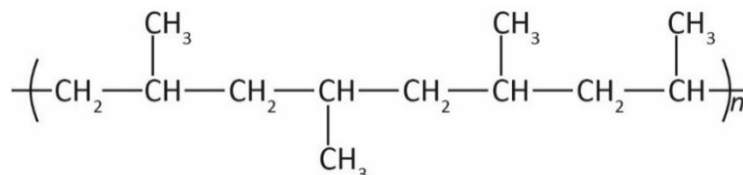
Sterički raspored metilnih skupina u molekuli je varijabilan. Ovisno o rasporedu skupina u molekuli imamo više struktura polipropilena (slika 20.). Ako sve metilne skupine imaju isti sterički raspored odnosno sve su na istoj strani spiralne molekule PP-a, takva tvorevina biti će izotaktna. Međutim, ako je sterički raspored metilnih skupina naizmjeničan kaže se da je polipropilen sindiotaktne strukture. A treća struktura nastaje ako su metilne skupine nasumično raspoređene te je onda polipropilen ataktne strukture.



a) Izotaktični polipropilen



b) Sindiotaktični polipropilen



c) Ataktični polipropilen

Slika 20. Polipropilen (PP) u sve tri forme; a) izotaktna, b) sindiotaktna i c) ataktna.

Samo izotaktična forma PP-a ima potrebna svojstva da se od nje izrađuju industrijski proizvodi odnosno da se naziva upotrebljivim plastičnim materijalom. Komercijalno dostupni polipropilen sadrži i do 90 % izotaktnih sekvencija sa stupnjem kristalnosti od 60 do 70%. To svojstvo ovisi i o ranijoj toplinskoj obradi (tzv. proizvodnoj prošlosti).

Polipropilen je jedan od najlakših polimernih materijala (gustoća 0,90–0,91 gcm⁻³), s visokim talištem (160–170 °C). To omogućuje njegovu uporabu u relativno širokom temperaturnom rasponu. S povećanjem udjela ataktne strukture smanjuje se njegova tvrdoća, čvrstoća, gustoća, krutost, dimenzionalna stabilnost i tečljivost polipropilenske taljevine. Važno svojstvo je i brojčani prosjek molarnih masa (Mn) koji iznosi od 7,5×10⁴ do 2×10⁵, gdje maseni prosjek molarnih masa iznosi od 3×10⁵ do 7×10⁵.

Samim time protočnost taljevine se povećava s većim udjelom nižih molekularnih masa, ali istovremeno opada udarna žilavost PP materijala. Mnoga svojstva polipropilena slična su svojstvima polietilena visoke gustoće. Tako polipropilen ima višu tvrdoću i vlačnu čvrstoću, elastičniji je, prozirniji je i ima veći sjaj. Međutim, svojstva kao što su propusnost za plinove i pare su im ista. Nedostatak većini polipropilena je mala udarna čvrstoća. Taj se nedostatak može ukloniti kopolimerizacijom polipropilena s drugim α -olefinima (najčešće s etilenom), koji se dodaju u količini 5–20%. Mehaničko ojačanje polipropilena moguće je dodavanjem malih količina elastoplastomera na bazi etilena i propilena i nekonjugiranih diena (EPDM) u sam polimer. [33]

Prednosti polipropilena

PP je popularan izbor kod proizvoda koji se rade u velikim količinama, te se na njega gleda kao da je jeftinija plastika. Njegova manja gustoća a visoka tvrdoća i otpornost na visoke temperature (kad nije pod utjecajem mehaničkog pritiska) su ključna obilježja. PP ima i dobru otpornost na zamor materiala, kemijsku otpornost, otpornost na pucanje, otpornost na deterdžente. U kombinaciji sa lakom obradivošću injektiranjem i istiskivanjem u kalup PP je u prednosti nad ostalim polimernim materijalima. Čisti polipropilen izvrstan je električni izolator zahvaljujući nepolarnom karakteru makromolekula. Kao i većina kristalastih poliolefina, polipropilen je vrlo otporan na djelovanje vode, organskih otapala, maziva i anorganskih kemikalija. [20]

Modul elastičnosti i vlačna čvrstoća polipropilna je srednja u odnosu na ostale polimere. Ima najmanju gutoću među polimerima zbog čega mu je specifični modul srednji. Temperatura koju može podneti prije deformacije je visoka kao i njegova radna temperatura što ga čini termički najstabilnijim polimerom. Također ima i visoku tvrdoću. Tablica komparacije polipropilena sa drugim polimerima prikazan je na tablici 3.

Tablica 3. Komparacije svojstva polipropilena sa drugim tipičnim polimerima
[Tripathi, Devesh - Practical Guide to Polypropylene, 2002]

Svojstvo	Tipični polimerni materijali					
	PP	LDPE	HDPE	HIPS	PVC	ABS
Modul elastičnosti (GPa)	1.5	0.3	1.3	2.1	3.0	2.7
Vlačna čvrstoća (MPa)	33	10	32	42	51	47
Gustoća (kg/dm ³)	0.905	0.92	0.96	1.08	1.4	1.05
Specifični modul (GPa)	1.66	0.33	1.35	1.94	2.14	2.57
HDT, 0.46 Mpa (°C)	105	50	75	85	70	98
Max. konst. uporabna temperatura (°C)	100	50	55	50	50	70
Tvrdoća	RR90	SD48	SD68	RM30	RR110	RR100
RR - Rockwell R (12.7 mm ball, 60kg) RM – Rockwell M (6.35 mm ball, 100kg) SD- Shore durometer						

Nedostaci polipropilena

Nemodificirani PP za razliku HIPS-a, PVC-a i ABS-a ima veći faktor skupljanja u kalupu. Osim toga ima i veću termalnu ekspanziju, manju otpornost na udarce (osobito pri nižim temperaturama). Polipropilen ima lošu otpornost na UV zračenje, ali i lošu otpornost na oksidaciju (posebno kad je u blizini nekih metala kao što je bakar). Kao polukristalizirani materijal PP je sklon trajnoj deformaciji pod konstantnim opterećenjem za razliku od amorfnih plastika poput ABSa ili PVCa koji su puno izdržljiviji. Drugi nedostaci su loša mogućnost povezivanja ljepilima, iskrivljavanje površine, ograničena transparentnost, brzo trošenje i mala otpornost na gama zračenje. PP srećom nije opasan za zdravlje, ali pri visokim temperaturama može ispuštati hlapljive organske spojeve u atmosferu.

Tablica 4. Komparacije svojstva polipropilena sa drugim tipičnim polimerima [Tripathi, Devesh - Practical Guide to Polypropylene, 2002]

Svojstvo	Tipični polimerni materijali					
	PP	LDPE	HDPE	HIPS	PVC	ABS
Skupljanje u kalupu (%)	1.9	3.0	3.0	0.5	0.4	0.6
Termalna ekspanzija ($\times 10^{-5}$)	10	20	12	7	6	8
Notched Izod impact strength (kJ/m^2)	0.07	>1.06	0.15	0.1	0.08	0.2

Osnovne vrste PPa

Polukristalizirana polipropilenska termoplastika napravljena je u homopolimernoj formi polimerizacijom monomera propilena koristeći specifičan Ziegler-Natta katalizator. To je organometalni katalizator koji ubrzava kemijsku reakciju u proizvodnom procesu polimernih materijala. Otkrićem tog katalizatora proizvodnja polimera je narasla. Fizikalna svojstva i karakteristike obrade ovise o molekularnoj masi, distribuciji molekularne mase i o vrsti i količini kopolimeriziranog monomera. [21]

Danas se najčešće koriste homopolimerna i kopolimerna struktura. Homopolimerna struktura nastaje sintetiziranom polimerizacijom propilena pomoću posebnih katalizatora. Homopolimeri su time krući i imaju veću toplinsku otpornost nego kopolimeri. Međutim otpornost na udarce pri niskim temperaturama je znatno lošija. Svojstva PPa ovise o vrsti i udjelu komonomera. Postoje dvije osnovne vrste kopolimera: nasumični kopolimer i blok kopolimer. Kopolimeri su mekaniji na dodir i žilaviji su nego homopolimeri. Komparacija najčešće korištenih polimera u industriji prikazana je na tablici 5. Pritom ocijena 0 znači loše svojstvo a 9 izvrsno svojstvo.

Tablica 5. Komparacije različitih polimera na skali od 0 do 9
 [Tripathi, Devesh - Practical Guide to Polypropylene, 2002]

Svojstvo	Tipični polimerni materijali						
	PP hopo	PP copo	LDPE	HDPE	HIPS	PVS	ABS
Lijepljenje	5	5	5	5	9	9	8
Temperatura krhkosti	1	2	7	7	3	7	5
Otpornost na detergent	8	7	4	4	7	9	5
Dimenzijska stabilnost	4	4	5	5	7	5	9
Indeks zamora	9	9	7	8	3	6	2
Zapaljivost	1	1	1	1	2	8	2
Trenje	5	5	1	6	1	2	1
Otpornost na gama zrake	2	2	5	4	8	7	6
Hidrolitička stabilnost	8	8	9	9	8	7	8
Skupljanje	3	2	1	1	6	7	5
Hrapavost površine	8	8	7	8	8	4	8
Žilavost na sobnoj temperaturi	4	6	9	6	6	5	7
Žilavost na (-40 °C)	3	4	8	7	6	3	7
Transparentnost	5	5	5	5	5	7	0
Otpornost na vanjske uvijete	3	3	2	3	3	7	3
Iskrivljavanje	5	4	5	5	8	8	8
Upijanje vode	9	8	2	3	6	7	4
Trošenje	5	5	5	5	1	3	2
Mogućnost istiskivanje	8	8	9	9	9	7	8
Mogućnost injektiranja	8	8	9	8	8	3	8
Mogućnost obrade	8	8	5	8	4	5	9
Formiranje vakuumom	3	2	3	4	9	9	8

U odnosu na druge polimera mogućnost lijepljenja polipropilena je srednja što vrijedi za obje vrste polipropilena (iste su u tom pogledu). Temperatura krhkosti je niska a kopolimer je tek za nijansu bolji. Imaju dobru otpornost na detergente, dimenzionalna stabilnost im je jednaka a u odnosu na ostale polimere srednja. Indeks zamora im je odličan što znači da su najizdržljiviji polimeri. Trenje im je srednje, odnosno HDPE je tek malo bolji dok su ostali polimeri znatno lošiji. Također imaju lošu otpornost na gama zrake, no pokazali su se kao hidrolitički stabilni materijali. U odnosu na duge polimere imaju lošija svojstva skupljanja što znači da nisu dimenzionalno stabilni. Površina im je glatka no to svojstvo je slično kod većine polimera. Žilavost na sobnoj temperaturi im je osrednje ali copolimer se pokazao kao žilaviji materijal. Padom temperature postaju krući dok drugi polimeri većinom bolje podnose niske temperature. Transparentnost je uglavnom svim polimerima slična. Otpornost na vanjeske uvijete im je loša što vrijedi i za ostale polimere (izuzetak je PVC koji ima dobru otpornost). U odnosu na neke polimere su mekši pa su skloniji iskrivljavanju, ali posjeduju bolju apsorpciju vode. Brže se troše ali među polimerima nema boljeg materijala. Dobro se obrađuju, te su pogodni za injektiranje i istiskivanje. Međutim, mogućnost formiranja vakuumom im je loša.

Aditivi za polipropilene

Da bi se poboljšala određena svojstva materijala potrebno je dodati određene additive. Postoje razni aditivi koji se dodaju u smjese kako bi se dodale ili poboljšale neke karakteristike. Međutim, ponekad poboljšavanjem nekog svojstva dodavanjem aditiva često pogoršava neka druga svojstva materijala. Prisutnost aditiva u PP značajno može povećati toksičnost smjese. Takve tvari mogu kasnije migrirati u hranu i vodu kroz ambalažu ili u tijelo preko medicinskih uređaja. Aditivi za koje se zna da mogu izazvati zdravstvene i sigurnosne probleme su: sredstva za ekspaniranje, peroksidi, punila (staklena vlakna), pigmenti (posebno na bazi olova i na bazi kadmija) i usporivači gorenja. [21]

Česti aditivi koji se dodaju u procesu proizvodnje polimera su: antistatička sredstva (služe za odbijanje prašine i kako pri spriječila stvaranje statičkog elektriciteta koji može uzrokovati požar), sredstva za smanjivanje trenja (dodaju se kako bi polipropilenska folija lakše klizila u stroju što omogućava veće brzine proizvodnje i samog tiska), sredstva protiv sljepljivanja folije (pomoću njih folija se lakše odmota s role što također omogućuje veću brzinu proizvodnje), deaktivatori metala (dodaju se kako bi smanjili degradaciju polipropilena koji se nalaze u blizini metala), sredstva za ekspaniranje (ona smanjuje gustoću smjese te je na taj način polipropilen lakši), nukleatori (dodaju se kako

bi povećali transparentnost i vizualnu čistoću što je posebno važno u prehrambenoj ambalažnoj industriji), sredstva protiv magljenja (sprječavaju stvaranje kondenzacije što je vrlo važno u prehrambenoj ambalaži), biocidi (kontroliraju množenje mikroorganizama i bakterija), usporivači gorenja (smanjuju zapaljivost polipropilena ili suzbijaju dim, posebno važno kod primjena gdje su visoke temperature ili gdje je izvor vatre blizu), antioksidansi (sprječavaju oksidaciju odnosno usporavaju starenje i propadanje koje uzrokuje kisik), lubrikanti (sprječavaju prijanjanje na metalne površine, što također ubrzava proizvodnju), UV stabilizatori (štite od štetnog ultraljubičastog zračenja te na taj način sprječavaju prijevremenu degradaciju), svjetlosni stabilizatori (također sprječavaju degradaciju koju vidljivi spektar zračenja uzrokuje).

2.5.2 Papir

Papir je tanka plošna tvorevina isprepletenih celuloznih vlaknaca s dodatcima punila i keljiva. Celulozna vlakanca odnosno sirovine za proizvodnju papira se dobivaju mehaničkom ili kemijskom obradom vlaknastih materijala. Sirovine za proizvodnju papira mogu biti višegodišnje biljke (listopadno ili zimzeleno drveće), jednogodišnje biljke (trske, razne vrste slama, pamuk), krpe i stari papiri. Samim time postoje četiri osnovne vrste sirovina: drvenjača, tehnička celuloza, polutvorina i reciklirani papir. [22]

Drvenjača se dobiva mehaničkim rasčlanivanjem drveta, uz moguću termičku obradu. Ovim postupkom se ne uklanja lignin (sastojak koji se uz celulozu nalazi u drvu) zbog kojeg papir ima žuto smeđi ton i veću lomljivost. Tehnička celuloza je sirovina za dobivanje kvalitetnih i bijelih papira za tisak. U ovom postupku vlaknasti materijal se obrađuje raznim kemijskim i termičkim obradama te izbijelivanju i čišćenju. Ovakvi papiri imaju vrlo malo zaostalog lihnina te se još nazivaju bezdrveni papiri. Polutvorine se dobivaju obradom krpa i ostalih otpadnih tekstilnih materijala. Ovakvi papiri se zbog mehaničke čvrstoće i otpornosti koriste za izradu novčanica, vrijednosnica, pomorskih i geografskih karata, itd... Na kraju imamo papire od sekundarnih vlaknaca, to su reciklirani papiri koji se koriste za novine i kartonske kutije. [22]

Punila su anorganske substance koji se dodavaju prilikom proizvodnja papira u masu ili naknadno kao površinski premaz. Najčešće je to kalcijev karbonat, titan dioksid i magnezijev silikat. Dodaju se i kako bi povećala gramaturu papira bez mijenjanja debljine papira, povećala opacitet papira. Poboľšavanjem ovih svojstava rastu tiskovne mogućnosti papira. U odnosu na suhu vlaknastu masu udio punila je 5% do 30% vlaknaste mase. Veći udio punila bi negativno utjecao na čvrstoću papira.

Keljiva su substance koje se također dodavaju u procesu proizvodnje papira. Keljiva su najčešće biljne smole, škrob, parafin ali i sintetički materijali. U odnosu na suhu vlaknastu masu udio keljiva u papiru je 3% do 4%. Keljiva služe kako bi smanjila upojnost papira te time povećala dimenzionalnu stabilnost papira. Ovisno o količini keljiva razlikujemo više podijela papira, pri čemu najčešće koristimopodjelu na papire s više i manje keljiva. Tako za višebojne otiske, školske materijale i ostale papire gdje se više puta piše i briše gumaticom koriste papiri sa većim udjelom keljiva. Bojila su rijedi dodaci koji mijenjaju ton papira ili daju neko drugo obojenje. Osim vlaknastih materijala za proizvodnju papira su potrebni dodaci (optička bojila) kojima se modificiraju optička svojstva papira. Bojila se dodavaju u procesu proizvodnje papira te mogu biti topiva i pigmentna.

Papiri se također dijele i po gramaturi. Tako imamo papire, kartone i ljepenke. Premda nema jasne granica podjele između papira, kartona i ljepenki jedna od najpoznatijih je ona po Klemmu. A to je da su papiri do 150 g/m^2 , kartoni od 150 g/m^2 do 500 g/m^2 i ljepenke od 600 g/m^2 na više.

Kako bi površina papira bila pogodnija za tisak papir se tretira raznim postupcima. Samim time papir postaje atraktivniji ili dobiva neka posebna svojstva. Ti postupci su premazivanje, impregniranje, pergamentiranje, laminiranje i satiniranje. Premazivanje je najčešći postupak obrade papira pa se papiri samim time dijele na premazane i nepremazane. Skupinu nepremazanih papira danas čine: ofsetni papiri, reciklirani papiri, listovni papiri, papiri s vodenim znakom, knjižni papiri, novčani papiri, transparentni papiri, papiri za elektrofotografiju, papiri za Inkjet. [22]

Papir za digitalne tehnike tiska

Za postizanje kvalitetnih otisaka papiri za digitalni tisak u potpunosti moraju biti prilagođeni tehnologiji digitalnog otiskivanja. To znači da papir za elektrofotografski načina otiskivanja mora zadovoljiti dva osnovna preduvjeta: posjedovanje većeg površinskog električnog otpora i da u svom sastavu sadrži relativno malo vlage. Električna provodljivost i električni otpor presudni su čimbenici kvalitete i izvodljivosti otiskivanja. U elektrofotografiji toner se prenosi na površinu papira nabijanjem papira naponski visokom koronom, te što je naboj papira veći prijenos tonera je bolji. Prevelika vlažnost odnosno niski otpor papira uzrokuje rasipanje električnog naboja prije nanosa tonera. Ako je otpor iznad određene razine, prijenos više nije ovisan o otporu već samo o dielektričnoj konstanti papira (Anon, A, 2001). [32] Tako postoje papiri specijalno napravljeni i prilagođeni Inkjet tehnici. Takvi papiri moraju imati izvrsnu dimenzionalnu

stabilnost i površinsku snagu te ne smiju postati valoviti u procesu tiska. Zbog Inkjet bojila koja imaju visoku upojnost podloga mora biti porozna kako bi se spriječilo širenje tinte. Za otiske lošije kvalitete nepremazani papiri su dovoljni no kod kvalitetnijih otisaka premaz je potreban. Za mat papire premazi su od silicija u kombinaciji s Polivinil alkoholom (PVOH), sjajni papiri imaju više premaza te su često od smola ili polimernih laminacija. [34]

Tablica 6. Premazani papiri za ofsetni tisak i bakrotisak
[Helmut Kipphan, *Handbook of Print Media*, 2001.]

Oznaka	Karakteristika kvalitete i primjena papira
Visokosjajni premazani papiri	Papiri sa zrcalnim ili visoko sjajnim odsjajem vidoke gramature. Koristi se za etikete, kuverte i kvalitetnu ambalažu. Gramature od 70 g/m ² do 400 g/m ² .
Papiri za umjetnički tisak	Najkvalitetniji premazani papir. Debeli sloj premaza daje konstantnu boju papira. Odlične mogućnosti tiska.
Specijalno premazani papiri za tisak ilustracija	Premazani papir za zahtjevne i kvalitetne tiskarske poslove. Sjajni, mat i polumat. Konstantna kvaliteta. Najbolje karakteristike za tisak.
Standardni papir za tisak ilustracija	Papir dobre kvalitete obostrano premazan.
Običan papir za tisak ilustracija	Obostrano premazani papir.
MWC/HWC papir	Premazani papiri srednje i visoke gramature sa sadržajem drva. Gramature od 80 g/m ² do 130 g/m ² .
LWC papir	Premazani papiri niske gramature. Koriste se u ofsetu za velike naklade. Raspon gramature do 72 g/m ² .
LLWC/ULWC papir	Premazani papiri vrlo niske gramature i ultra niske gramature. Premazani papiri ultra niske gramature (ispod 45 g/m ²) se koriste u ofsetu i bakrotisku za tisak internacionalnih časopisa i kataloga.

Tablica 7. *Nepremazani papiri za ofsetni tisak i bakrotisak*
 [Helmut Kipphan, *Handbook of Print Media*, 2001.]

Oznaka	Karakteristika kvalitete i primjena papira
WSOP papir	Specijalni papir za offset iz role, s većim udjelom celuloznih vlakana dobivenih od drvene sirovine, nepremazan i kalandriran.
SC-A papir	Nepremazani papir s većim sadržajem celuloznih vlakana dobivenih iz drvene sirovine, superkalandriran papir (sjajni papir).
SC-B papir	Poboljšani nepremazani novinski papir s površinskim sjajem dobiven „NIP soft” kalendarom.
B kašasti papir	Nepremazani kalandrirani papir za ofsetni tisak iz role. Pri proizvodnji takvog papira koristi se: kemijska pulpa, drvena pulpa i punila. Bjelina takvog papira je stalna.
NP papir	Nepremazan papir, proizveden iz sekundarnih vlakana. Postoji u standardnoj i poboljšanoj varijanti. Gramatura mu je od 39 do 50 g/m ² , dobrog površinskog sjaja, opaciteta i upojnosti. Kontinuirani papir: rađen od bezdrvene celulozne pulpe, s manjim dodatkom drvene celuloze i recikliranog papira. Uglavnom se koristi za reprodukciju tekstualnih podataka, i svojstva su mu definirana DIN standardom 6721.
SC-HSWO papir	Nepremazani, specijalni ofsetni papir za tisak iz role, super kalandriran visoke gramature.

3. PRAKTIČNI DIO

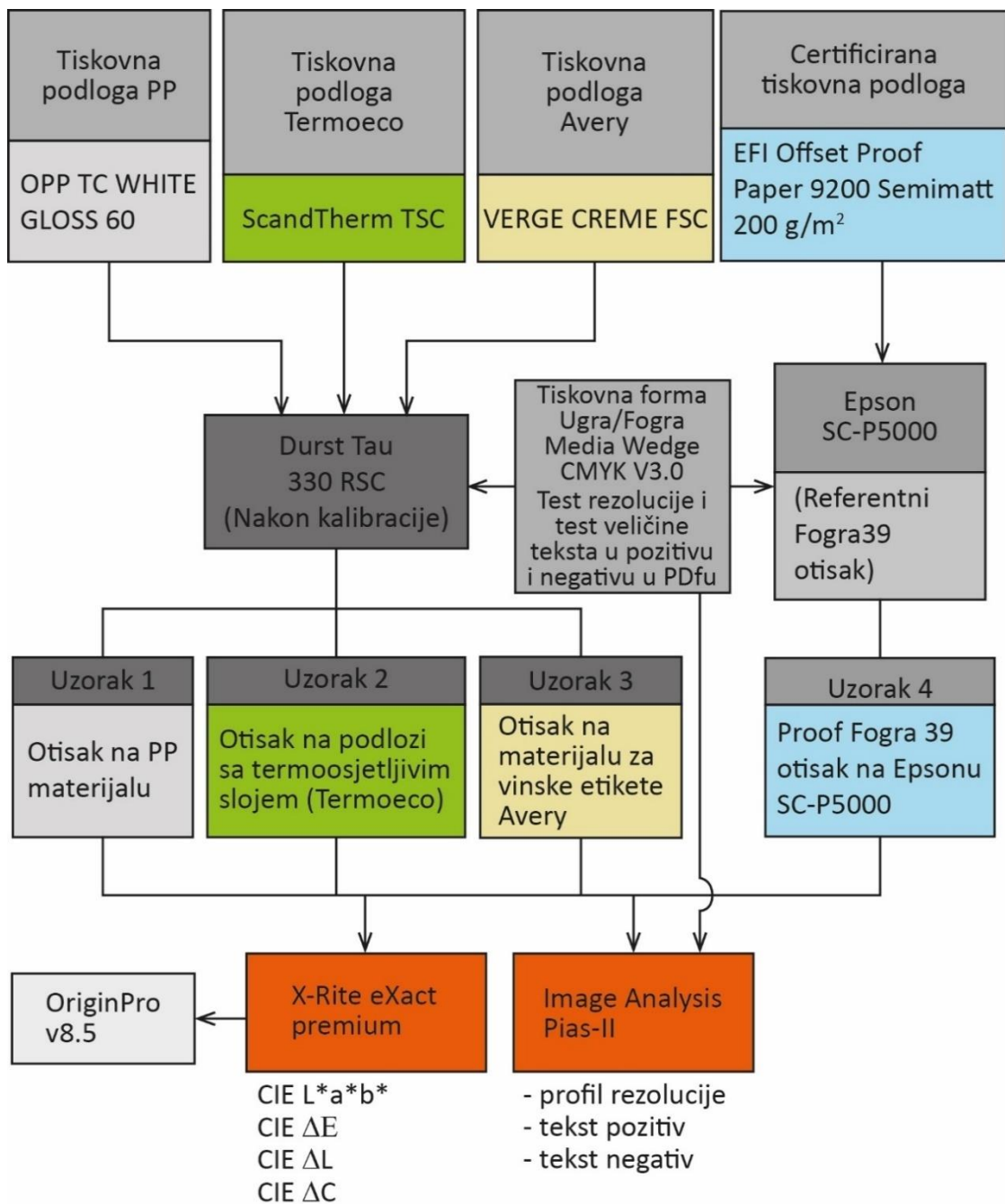
3.1 Metodologija rada

U ovom diplomskom radu uspoređivali smo tri etiketne tiskovne podloge otisnute na kalibriranom Durst Tau 330 RSC UV Inkjet stroju. Za referentnu vrijednost uzet je Fogra 39 standard. Dok su proizvodni otisci rađeni na Durst Tau stroju u više primjeraka na OPP TC white gloss 60 (polipropilenski materijal), ScandTherm TSC (termoosjetljiv materijal) i Verge Creme FSC (vinska etiketa). Fogra 39 standard je otisnut na EFI Offset proof paper 9200 Semimatt 200 g/m² podlozi sa Epson SC-P5000 pisaćem.

Na sve tiskovne podloge otisnuta je ista tiskovna forma Ugra/Fogra Media Wedge CMYK 3.0 koja je standardni klin za mjerenje otisaka na digitalnim strojevima. Klin se sastoji od 74 polja raspoređenih u 3 reda. U prvom redu se nalaze najvažnija primarna polja u kojima se kontroliraju nanosi cijana, magente i žute u rasponu od: 10%, 20%, 40%, 70% i 100% RTVa, dok se nanos crne mjeri u rasponu od 10%, 20%, 40%, 60% i 80%, 100% RTVa. U drugom redu nalaze se polja za mjerenje sekundarnih tonova (RGB), dok se u trećem redu nalaze tercijalni tonovi (specifične PANTNE boje).

Sa Xrite exact premium spektrofotometrom/kolorimetrom izmjerena su CIE L* a* b* vrijednosti svakog polja na Ugra/Fogra klinu, pri čemu su analizirani samo osnovni nanosi CMYK polja i vrijednosti same tiskovne podloge (bez bojila). Kako bi se mogla vrednovati koja je podloga najbližnja Fogra 39 standardu potrebno je bilo izračunati razliku pojedinačnih podloga u odnosu na Fogra 39 standard.

Nakon mjerenja, izračunata je ukupnu razliku u boji ΔE , razliku u svjetlini ΔL i razliku u kromatičnosti ΔC svih procesnih boja u svim varijantama površinske pokrivenosti. Vrijednosti ΔE , ΔL i ΔC računata su tako da su uzete izmjerene CIE L*a*b* vrijednosti 10% RTVa cijana na OPP TC tiskovnoj podlozi i CIE L*a*b* vrijednosti 10% RTVa cijana u Fogra 39 standardu. Time je dobivena točna vrijednost razlike 10% cijana na OPP TC podlozi u odnosu na Fogra 39 standard. Isti postupak računanja izvršen je za cijeli raspon obojenja cijana, magente, žute i crne na svim eksperimentalno korištenim podlogama. Rezultati su grafički prikazani u OroginPro v8.5 programu. Za slikovnu analizu, vizualnu usporedbu profila rezolucije, realizacije različitih veličina teksta u pozitivu i negativu korišten je digitalni mikroskop PIAS-II sa integriranim Image Analysis programom u sebi. Svaka podloga uspoređena je sa referentnim PDF-om. Shematski prikaz izvršenog eksperimentalnog ispitivanja prikazan je na slici 21.



Slika 21. Shema izvršenog eksperimenta.

3.2 Korišteni strojevi i uočđaji

3.2.1 Durst Tau 330 RSC

Durst Tau 330 RSC tiskarski stroj radi na principu Inkjeta koji pripada u tehnike digitalnog tiska. Tau 330 je visokoprodukcijski stroj namijenjen za industrijski tisak etiketa. U stroju se nalazi izdržljiva Dimatrix Samba G3L Inkjet glava koja radi na principu MEMS (Micro Electro Mechanical System) tehnologije. Dimatrix Samba nudi mogućnost tisak rezolucije do 1200 x 1200 dpi te je veličina kapljice 2pl.

Tiskarski stroj koristi UV bojila za inkjet koja omogućuju tisak na gotovo svim podlogama. Bojila koja se koriste imaju izvrsnu svjetlostalnost i otpornost na toplinu pa su pogodne za vanjske uvjete. Također su bojila prilagođena za prehrambenu i farmaceutsku industriju jer sastoci ne mogu migrirati iz nje. Osim cijana, magenta, žute i crne, dodane su i narančasta, ljubičasta, zelena i bijela. Time je ostvarena mogućnost reprodukcije točnih boja tvrtki te ostalih 95% PANTONE boja. [25]



Slika 22. Durst Tau 330 RSC tiskarski stroj [<https://www.durst-group.com/segment/label>]

Tablica 8. Tehničke specifikacije Durst Tau 330 RSC stroja

Tehničke specifikacije Durst Tau 330 RSC	
Inkjet glava	Dimatrix Samba
Max. rezolucija tiska	1200 x 1200 dpi
Veličina kapljice	2 pl
Brzina tiska	80 m/min
Max. širina tiska	330 mm
Max. polumjer role	680 mm, 120 kg
Širina role	165 mm – 350 mm
Debljina tiskovne podloge	100 μ m – 500 μ m
Vrsta tiskovne podloge	razni papiri, bijeli i transparentni filmovi od raznih polimera (PP, PE, PVC, PET, BOPP).

3.2.2 Epson SC-P5000

Epson SC-P5000 je inkjet pisać koji u grafičkoj industriji služi za probno otiskivanje odnosno tzv. hard proof. Pisać koristi PrecisionCore TFP Inkjet glavu koja sadrži 360 mlaznica po svakom kanalu boje, koji je posebno osmišljena za UltraChrome HDX bojila. Osim cijana, magente, žute i dvije crne (mat crna i photo crna) tisak na SC-P5000 se vrši sa 6 dodatnih bojila, svijetli cijan, vibrantna magenta, svijetla vibrantna magenta, svijetlo crna, svijetlo svijetlo crna, naračaste i zelene. Sa toliko različitih bojila pisać može tiskati 99% PANTONA boja u indutriji. [26]



Slika 23. Epson SC-P5000 pisać [<https://epson.com/For-Work/Printers/Large-Format/Epson-SureColor-P5000-Standard-Edition-Printer/p/SCP5000SE>]

Tablica 9. Tehničke specifikacije Epson SC-P5000 pisaća

Tehničke specifikacije Epson SC-P5000	
Inkjet glava	PrecisionCore TFP
Max. rezolucija tiska	2880 x 1440 dpi
Veličina kapljice	3.5 pl, veličina kapljica je varijabilna
Brzina tiska	20.3 x 24 cm , 0.59 s– 2 m 26 s 40. 6 x 50.8 , 2 m 46 s – 66 m 48 s
Max. širina tiska	40.64 cm
Margine tiska	6 mm sa svake strane
Max. širina tiskarske podloge	43.18 cm
Debljina tiskovne podloge	do 1.5 mm (arak) 0.08 – 0.5 mm (rola)

3.2.3 Xrite exact advanced

X-rite exact je spektrofotometar koji služi za kontrolu kvalitete, mjerenje boje i podloge u grafičkoj industriji. Osim spektrofotometrijskih vrijednosti može izmjeriti i kolorimetrijske vrijednosti u CIE L*a*b* prostoru boja. Također se mogu raditi i denzitometarska mjerenja kao što su mjerenje kontrasta, trapinga, optičke gustoće obojenja itd.. Osim mjerenja ima automatsku opciju izračunavanja spektrofotometrijskih razlika, mjerenje metamerizma i optičkih svojstava papira. [23]



Slika 24. X-rite exact advanced spektrofotometar

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

Tablica 10. Tehničke specifikacije Xrite exact advanced spektrofotometra

Tehničke specifikacije X-rite exact advanced	
Otvor mjerne površine	1.5 mm, 2mm, 4 mm i 6 mm
Baterija	Lithium Ion, 7.4VDC, 220mAh
Kalibracija	Automatska, uključena bijela referenca
Ukupna kolorimetrijska razlika	CIE ΔE 1976, 1994, 2000, CMC
Geometrija mjerenja	45°/0°
Spektralni raspon	400 – 700 nm
Brzina mjerenja	<1 s
Mjerni uvjeti	M0, M1, M2 i M3
Dimenzije i težina uređaja	18 cm x 7.8 cm x 7.6 cm, 700 g

3.2.4 Pias-II

Pias-II je ručni digitalni mikroskop visokih performansi koji se koristi za slikovnu analizu otisaka. Mikroskop sadrži razne mjerne i analitičke alate za analizu kvalitete tiska koji su bazirani na ISO 13660 standardu te ostalim ISO standardima. Ti alati se nalaze u IASLab računalnom programu gdje se uvećanje može gledati uživo na računalu. Rezolucija nastale fotografije iznosi 1280x960 px. Osim prikaza uvećanja Pias ima razne alate za analizu reflektancije, reprodukciju tonova, mjerenja tiskovnih elemenata, računanja površine itd..

Uređaj ima dva promjenjiva optička modula. To su: visoke rezolucije koji služi za promatranje manjih elemenata (polutonske vrijednosti, sateliti te tanke linije i rubovi) i niske rezolucije koji služi za promatranje većeg područja (neujednače površine i greške u gradijentu). Modul visoke rezolucije ima mjerno polje 3.2 mm x 2.4 mm te je jedan pixel na ekranu približno jednak 2.5 μm na papiru dok modul niske rezolucije ima mjerno polje od 21.8 mm x 16.3 mm a jedan pixel na ekranu iznosi 17 μm . [27]



Slika 25. Pias-II digitalni mikroskop [https://www.qea.com/products/image-analysis/pias-ii/]

Tablica 11. Tehničke specifikacije Pias-II digitalnog mikroskopa

Tehničke specifikacije Pias-II	
Kamera	Color CCD SXVGA at 1280x960
Optički moduli	Modul visoke rezolucije (2.5 $\mu\text{m}/\text{px}$), modul niske rezolucije (17 $\mu\text{m}/\text{px}$), svaki ima ugrađeno osvjetljenje, (UV i IR osvjetljenje opcionalno)
Osvjetljenje	LED prsten, 45/0 geometrija
Sučelje	USB 2.0
Operativni sustav računala	Windows 7-10, 64-bit
Kalibracija	Prostorna ili reflektancijska
Programsko sučelje uređaja	IASLab image quality analysis software

3.3 Korišteni materijali

3.3.1 Avery Verge crème FSC

Avery Verge crème FSC je tiskovna podloga od koje se rade samoljepljive etikete. Namijenjena je za izradu vinskih etiketa ili bilo koji etiketa za premium proizvode gdje je cilj postići retro efekt. Materijal gornjeg sloja je mat žućkasto bež boje napravljen od certificiranog FSC nepremazanog bezdrvnog papira. Napravljen je tako da daje taktilni osjećaj kao da je papir ručno rađen. Gramatura mu iznosi 89 g/m² a debljina mu je 120 µm (200 µm ukupna debljina laminacije). Ljepljivi sloj je na bazi gume te je takvo ljepilo univerzalno za vinsku industriju. Noseći sloj je superkalandrirani glasin papir gramature 70 g/m² i debljine 120 µm. Ova podloga je FSC certificirana.

Avery verge se može tiskati sa svim konvencionalnim metodama tiska dok ofset i flekso tisak daju najbolje rezultate. Postavljanje etikete se radi na minimalno 5 °C dok jedna postavljena etiketa može izdržati temperature od -30 °C do 70 °C. [28] Tehničke karakteristike Avery Verge Creme podloge prikazane su na tablici 12.

Tablica 12. Specifikacije Avery Verge crème FSC tiskarske podloge

Avery Verge crème FSC	
Gramatura	89 g/m ² ISO 536
Debljina	200 µm ISO 534
Ljepilo	S2047N
Debljina Nosećeg sloja	70 g/m ² ISO 534

3.3.2 OPP TC white gloss 60

OPP TC white gloss 60 je bijela samoljepljiva tiskovna podloga. Zbog mogućnosti recikliranja pogodana je za izradu etiketa za polipropilensku i polietilensku ambalažu. Takva etiketa ima veliku otpornost na kemikalije UV zračenje što ju čini dobrim izborom za posebne svrhe. Materijal gornjeg sloja je polipropilenska folija gramature 45 g/m² i debljine 60 µm. Ljepilo koje se koristi je na bazi akrila a nanešeno je na principu emulzije što je idealno za bez etiketni izgled. Noseći sloj je superkalandrirani glasin papir koji je silikoniziran s jedne strane. Gramature je 62 g/m² i debljine 56 µm. OPP TC zbog premaza idealan je za kvalitetni tisak na svim konvencionalnim podlogama. Minimalna temperature apliciranja etikete je 10 °C, postavljena etiketa može izdržati temperature od -10 °C do 100 °C. [29] Tehničke karakteristike polimerne podloge prikazane su na tablici 13.

Tablica 13. *Specifikacije OPP TC white gloss 60 tiskarske podloge*

OPP TC white gloss 60	
Gramatura	45 g/m ² ISO 536
Debljina	60 μm ISO 534
Ljepilo	PF2
Debljina Nosećeg sloja	56 g/m ² ISO 534
Transparentnost nosećeg sloja	51% ISO 2469

3.3.3 ScandTherm TSC

ScandTherm TSC je bijela tiskovna podloga od koje se rade samoljepljive etikete sa mogućnošću termalnog dotiska. Gornji sloj podloge je rađen od bezdrvnog papira s premazom koji ima u sebi termoaktivne boje za termalno otiskivanje uz dodatak još jednog zaštitnog sloja koji štiti termalni dotisak.

Gramatura posloge je 76 g/m² a debljina joj iznosi 82 μm. Adhezivni sloj rađen je od SSP 50AF ljepila koje je na bazi gume i aplicira se kao hot-melt (taljevina). Zbog otpornosti na niske temperature (-40 °C do 70 °C) pogodno je za označavanje hrane i drugih proizvoda koji se čuvaju na ekstremno niskim temperaturama. Noseći sloje je rađen od glasin papira koji omogućava etiketiranje na raznim uređajima. Debljina nosećeg sloja je 54 μm doke je ukupna debljina laminacije 154 μm. [30] Karakteristike ScandTherm TSC podloge su prikazane u tablici 14.

Tablica 14. *Specifikacije ScandTherm TSC tiskarske podloge*

ScandTherm TSC	
Gramatura	76 ± 5 g/m ² ISO 536
Debljina	82 ± 8 μm ISO 534
Ljepilo	SSP 50AF
Debljina Nosećeg sloja	54 ± 4 ISO 534
Transparentnost nosećeg sloja	50% ISO 2469

3.3.4 EFI Offset Proof paper 9200 semimatt

EFI Offset Proof paper 9200 semimatt je papir posebno napravljen za probni tisak. Napravljen je tako da izgleda kao tični produkcijski ofsetni papir. Zbog niskog udjela optičkih izbjeljivača omogućena je velika stabilnost boje i minimizacija metamerizma. Zbog mogućnosti tiska jako širokog gamuta pogodan je probni tisak, tisak fotografija i umjetnički tisak. Gramatura mu je 200 g/m² i debljina mu iznosi 230 μm. [31] Tehničke karakteristike EFI Offset Proof paper 9200 prikazane su u tablici 15.

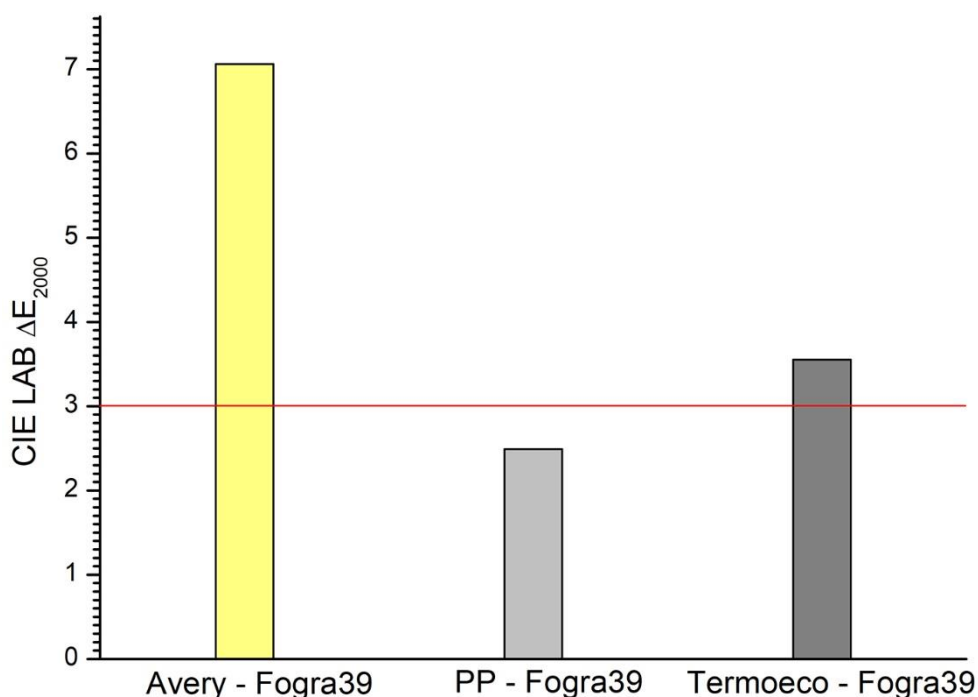
Tablica 15. *Specifikacije EFI Offset Proof paper 9200 semimatt*

EFI Offset Proof paper 9200 semimatt	
Gramatura	200 g/m ²
Debljina	230 μm
Opacitet	97%
Skladištenje	15° C- 30° C(40% - 60% RH)
Aplikacija	Probni tisak i visokokvalitetni forografski tisak

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1 Razlike tiskovnih podloge u odnosu na Fogra 39 standard

Za potrebe standardizacije potrebno je koristiti točno definirane tiskarske podoge. Po standardu ISO 12647 definirana je točna tolerancija tiskarskih podloga za koju se može smatrati da je standardna podloga. Te ta vrijednost ne smije prelaziti kolorimetrijsku razliku CIE LAB $\Delta E_{2000} = 3,0$. Na slici 26. nalazi se grafikon koji prikazuje ukupnu kolorimetrijsku razliku (ΔE_{2000}) testiranih tiskarskih podloga u odnosu na Fogra 39.



Slika 26. Kolorna razlika samoljepljivih podloga Avery Verge vreme FSC, OPP TC White Gloss 60 i ScandStick ScandTherm TCS

Iz grafikona se vidi da najveće odstupanje u odnosu na standardnu Fogra39 podlogu ima tiskovna podloga Avery Fasson Verge creme FSC koja je namijenjena za tisak vinskih etiketa. Ukupna kolorimetrijska razlika je jako velika te iznosi $\Delta E_{\text{Avery-Fogra}} = 7.06$. To znači da prelazi Fogrinu granicu tolerancije za čak $\Delta E = 4.06$. Takva podloga ne može biti standardna tiskarska podloga te se na njoj ne mogu ostvariti svi tonovi koji su definirani Fogrom 39.

Polipropilenska tiskarska podloga Arconvert OPP TC White Gloss 60 je jedina podloga koja se može svrstati u standardne tiskarske podloge. Njena kolorimetrijska razlika iznosi $\Delta E_{\text{PP-Fogra}} = 2.49$ te je ispod Fogrine granice od $\Delta E = 3$. Takva podloga je kvalitetna i po tiskarskim karakteristikama preporučljiva za tisak etiketa po standardu Fogra 39.

Podloga ScandStick ScandTherm TCS koja je namijenjena za dodatno otiskivanje u termalnim pisačima te se može svrstati u graničnu podlogu zbog toga što ima

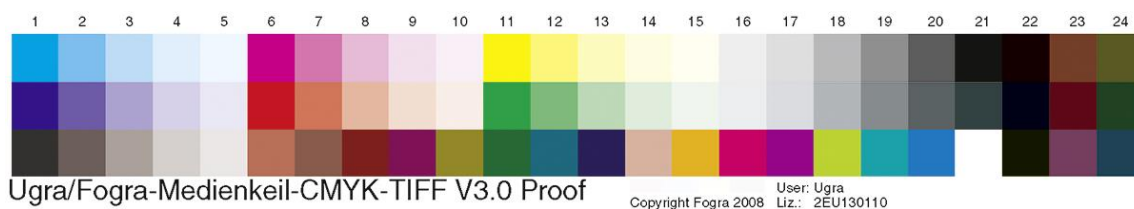
kolorimetrijsku razliku od $\Delta E_{\text{Termoeco-Fogra}}=3.55$. Samim time razlika iznosi $\Delta E=0.55$ što je za razliku od Averya vrlo blizu Fogrine granice od $\Delta E=3$. Reproducirani otisci na toj podlozi će vjerojatno biti zadovoljavajući te će se moći reproducirati većina tonova uz minimalne modifikacije unutar tiskarskog sistema (jedinice za obojenje).

Tijekom većeg broja mjerenja zamijećena je i veća oscilacija tiskovnih podloga Avery i Termoeco. Tako kod Averya i Termoeca unutar površine postoji devijacija tona papira koja iznosi $\Delta E_{\text{PP-Fogra}}=0.2$ dok kod Termoeca iznosi $\Delta E_{\text{Termoeco-Fogra}}=0.21$. Idealno mjerenje podloge ostvareno je na Polipropilenu gdje je razlika svega $\Delta E_{\text{PP-Fogra}}=0.03$.

4.2 Kolorimetrijska razlika realiziranih otisaka

Za potrebe praćenja kvalitete tiska u grafičkoj industriji primjenjuje se denzitometrija i kolorimetrija. Metoda koja je preciznija je kolorimetrija te je kao takva i standardna metoda za definiranje kvaliteta tiska po Fogri 39.

Kako bi mjerenja bila točna i pouzdana potrebno je na svim materijalima otisnuti istu tiskovnu formu. Kako su Ugra i Fogra instituti usklađena sa standardom najčešće se koristi Ugra/Fogra Media Wedge klin za probna otiskivanja i kontrolu kvalitete.

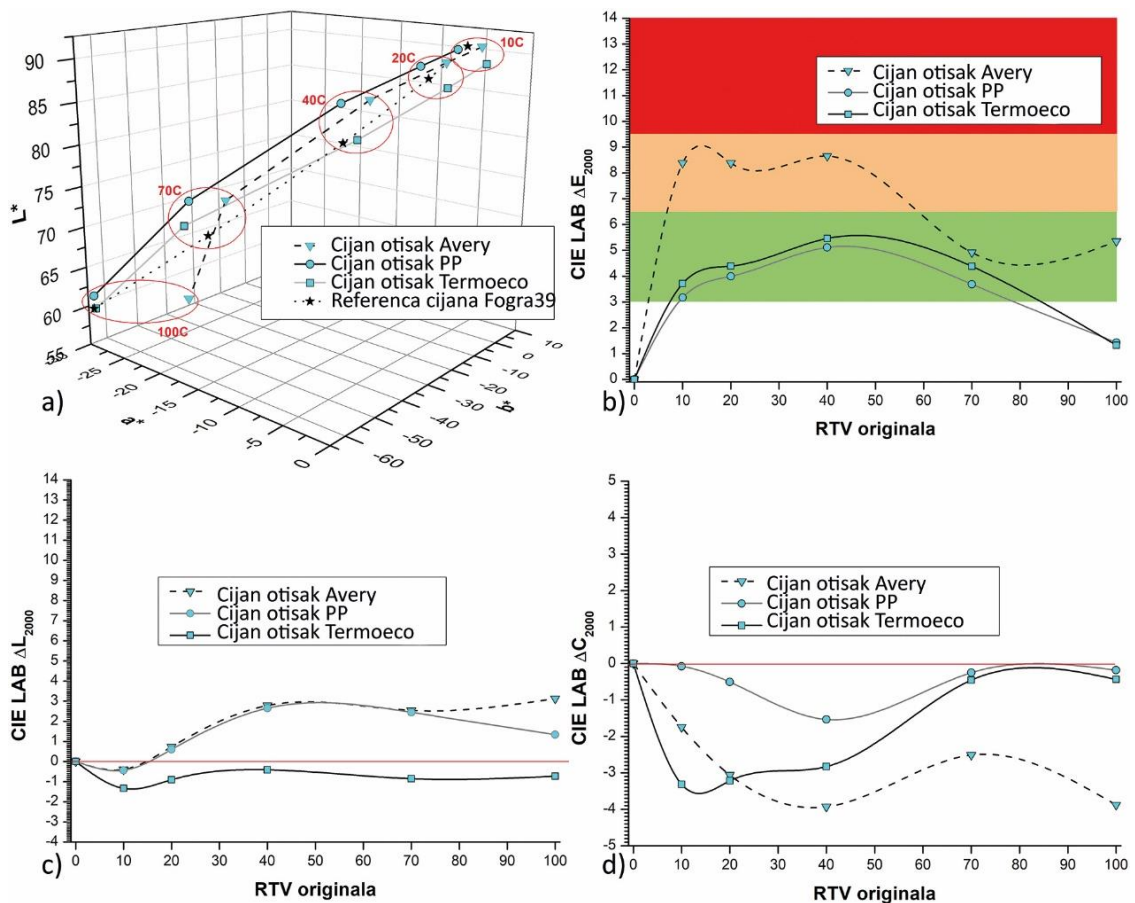


Slika 27. Standardni Ugra/Fogra Media Wedge CMYK® V3.0 klin za probno otiskivanje

Prema standardu ISO 12647-7 definirane su tolerancije za svih 72 polja koja se nalaze u Ugra/Fogra Media Wedge CMYK® V3.0 klinu. Klin se sastoji od 72 mjernja polja koja su raspoređena u 3 reda. U prvom redu nalaze se procesne boje koje su otisnute u: punom tonu, 70%, 40%, 20% i 10% tonske vrijednosti dok crna sadržava polje više (puni ton, 80%, 60%, 40%, 20% i 10% tonske vrijednosti). U drugom redu imamo otiskivanje boje na boju (overprint) ljubičasto plave, crvene i zelene u punom tonu, 70%, 40%, 20% i 10% tonske vrijednosti, U zadnjem redu nalaze se specifične tercijalne boje otisnute s više boja te crna otisnuta overprint otiskivanjem u tonskim vrijednostima kao procesne boje. [22]

Najzahtjevnije etikete otiskivaju se višebojno pri čemu se za potrebe standarda prehrambene industrije otiskivaju samo procesne boje. Etikete koje sadrže PANTONE boje i folije uglavnom su brendirane i na tržištu su sve više zastupljene.

Na slikama 28, 29, 30 i 31 definirane su kolorimetrijske razlike kolorne separacije koje su otisnute na podlogama Avery Verge vreme FSC, OPP TC White Gloss 60 i ScandStick ScandTherm TCS.



Slika 28. Odstupanje cijan otisaka otisnutih na samoljepljivim materijalima Avery, Polipropilem i Termoecco nastalih na tiskarskom stroju Durst Tau 330 RSC: a) 3D krivulja reprodukcije, b) $CIE\ LAB\ \Delta E$, c) $CIE\ LAB\ \Delta L$, d) $CIE\ LAB\ \Delta C$

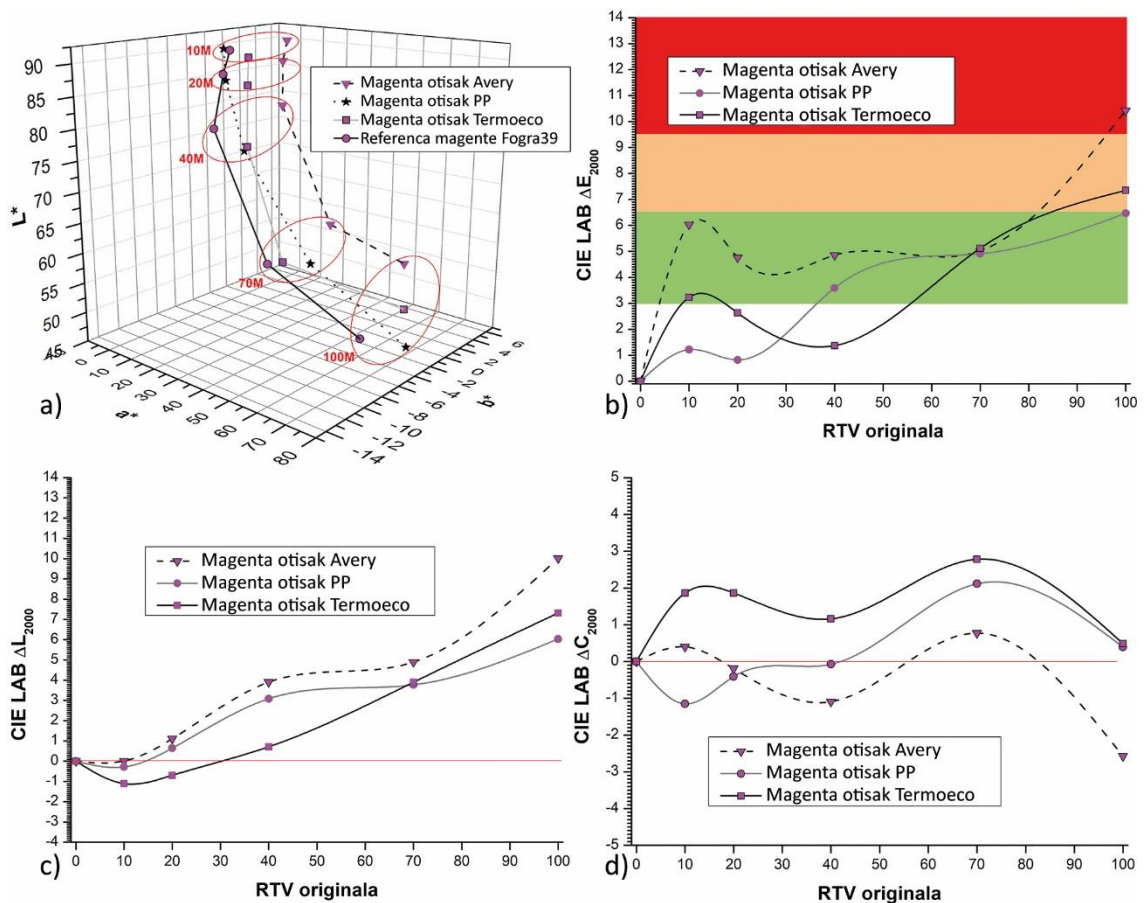
Iz 3D grafa na salici 28a je vidljivo da referentne vrijdnosti po Fogri 39 imaju pravilnu linearnu krivulju. Taj trend linije slijede sve ispitane podloge osim tiskovne podloge Avery koja u višim tonskim vrijednostima ima skretanje prema žutom i crvenom obojenju. Takav otisak postaje žući i crveniji nego šta bi trebao biti po standardu.

Iz ukupne kolorimetrijske razlika prikazane u grafikonu na slici 28b vidi se da tiskovna podloga Termoecco u nižim tonskim vrijednostima malo prelazi dozvoljenu granicu za $\Delta E_{Termoecco-Fogra}=0.71$ te ulazi u područje srednje tolerancije. Polipropilen je točno na rubu dozvoljene granice od $\Delta E_{PP-Fogra(10\%RTV)}=3.17$. Kod srednjih tonskih vrijednosti nastale su veće devijacije te kolorimetrijska razlika raste kod Termoecca i Polipropilena. Tako se kolorna razlika penje na $\Delta E_{PP-Fogra(40\%RTV)}=5.11$ kod PP i $\Delta E_{Termoecco-Fogra(40\%RTV)}=5.46$ kod Termoecca. Kod Averya ta je devijacija veća te se održava na vrijednostima od $\Delta E_{Avery-Fogra(10\%RTV)}=8.38$ do $\Delta E_{Avery-Fogra(40\%RTV)}=8.65$ koja se vidi i kod niskih tonskih vrijednosti.

U višim tonskim vrijednostima Termoeco i polipropilen ulaze u dozvoljenu granicu a trend padanja prati i Avery koji tada ulazi u područje srednje tolerancije $\Delta E_{\text{Avery-Fogra}(100\%RTV)}=5.35$.

Gdje su nastale kolorimetrijske razlike prikazano je na slici 28c i 28d. Na slici 28c vidimo da je svjetlina otiska na Termoecu konstantna, te je kod svih tonskih vrijednosti manja od standarda i iznosi $\Delta L_{\text{Termoeco-Fogra}}=-0.85$. Samim time riječ je o tamnijem otisku. Tiskovna podloga Avery i polipropilen ostvaruju svjetliji otisak. Kolorno dostupanje za Avery etiketu iznosi u prosjeku $\Delta L_{\text{Avery-Fogra}}=2,3$ a za polipropilen $\Delta L_{\text{PP-Fogra}}=1.76$. Izuzetak im je najniža tonska vrijednost koja je tamnija od standarda.

Što se tiče kromatskih vrijednosti realiziranih otisaka iz slike 28d vidljivo je da su tonovi cijan separacije manje zasićeniji od Fogra 39 reference. Vidljivo je da je na tiskovnoj podlozi polipropilen ostvaren najbolji otisak gdje samo na srednjoj tonskoj vrijednosti iznosi $\Delta C_{\text{PP-Fogra}(40\%RTV)}=-1.54$ dok je u ostalim tonovima vrlo blizu ciljane reference. Najlošija podloga je Avery. Ona kod srednjih tonskih vrijednosti ostvaruje razliku u iznosu od čak $\Delta C_{\text{Avery-Fogra}(40\%RTV)}=-3.93$. Zanimljivo je da tiskovna podloga Termoeco ima najveći disbalans između svjetlijih i srednjih tonova i tamnih tonova. Kod svjetlijih i srednjih tonova razlika u kromatičnosti je $\Delta C_{\text{Termoeco-Fogra}(10-40\%RTV)}=-3.12$ (velika razlika) dok je u tamnijim tonovima Termoeco gotovo idealan te iznosi $\Delta C_{\text{Termoeco-Fogra}(70-100\%RTV)}=-0.45$.



Slika 29. Odstupanje magenta otisaka otisnutih na samoljepljivim materijalima Avery, Polipropilem i Termoecco nastalih na tiskarskom stroju Durst Tau 330 RSC: a) 3D krivulja reprodukcije, b) CIE LAB ΔE , c) CIE LAB ΔL , d) CIE LAB ΔC

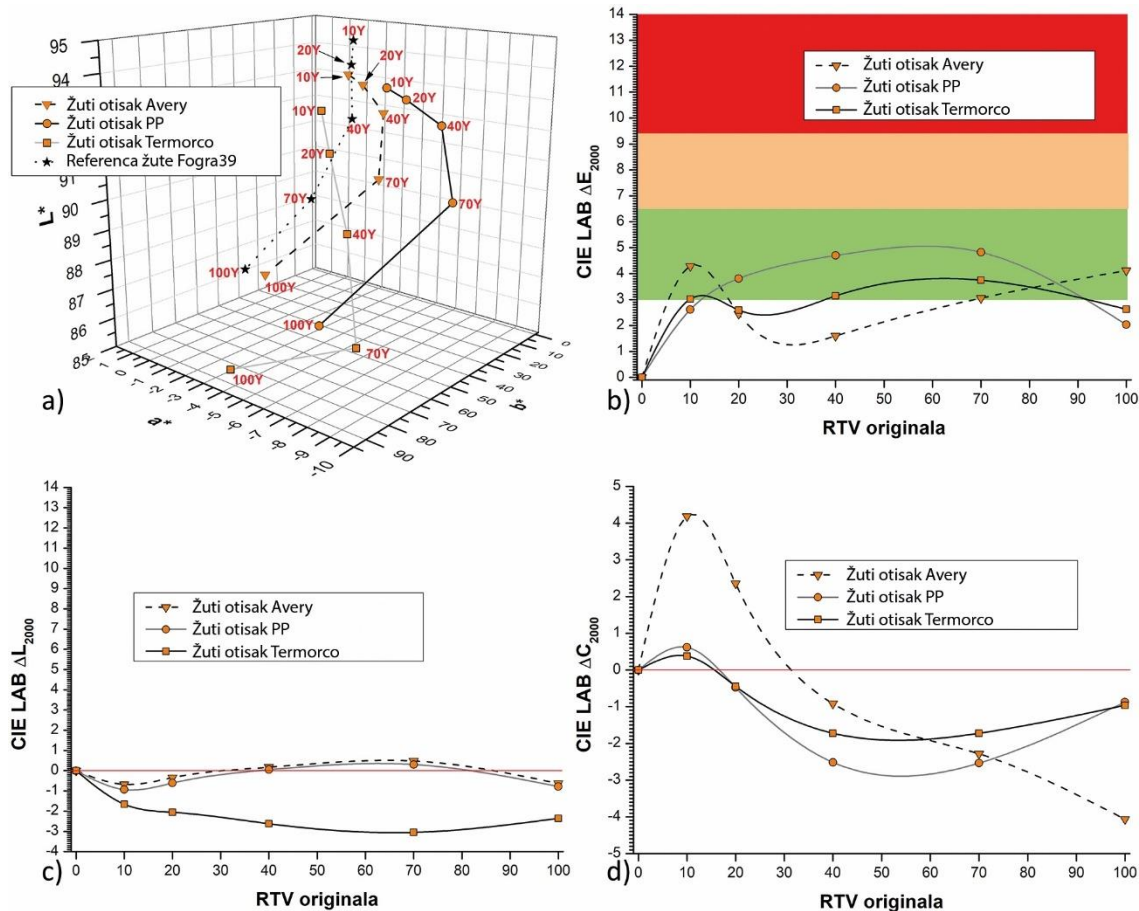
Kod magente, vrijednosti reference po Fogri 39 također prate linearnu krivulju. Svi otisci na testiranim tiskovnim podlogama dobro prate smjer reference te imamo manje promjene samo u svjetlini. U tamnijim tonovima dolazi i do promjena u kromatičnosti gdje vrijednosti na tiskovnoj podlozi Avery skreću u smjeru žute osi te je otisak samim time žućiji nego referentni.

U nižim tonovima ukupna kolorimetrijska razlika kod Polipropilena je daleko unutar dozvoljenog odstupanja te je njena srednja vrijednost oku nevidljivih $\Delta E_{PP-Fogra(10-20\%RTV)}=1.02$. Termoecco u nižim tonovima ima jednu točku koja je unutar dozvoljenog odstupanja i jednu koja prelazi tu granicu za svega $\Delta E=0.23$. Avery je najlošije otisnuti materijal sa razlikom od $\Delta E_{Avery-Fogra(10\%RTV)}=6.02$ što ga svrstava u granicu srednjeg odstupanja. U srednjim tonovima Termoecco etiketa ulazi u područje dozvoljenog odstupanja jer odstupanje pada na $\Delta E_{Termoecco-Fogra(40\%RTV)}=1.37$. Odstupanje na Polipropilenu raste na $\Delta E_{PP-Fogra(40\%RTV)}=3.59$ što je područje srednjeg odstupanja. Avery u najnižoj tonskoj vrijednosti ima veliku kolorimetrijsku razliku ali je svejedno u području srednjeg odstupanja.

Prema srednjim tonskim vrijednostima razlika se smanjuje i drži se na $\Delta E_{\text{Avery-Fogra}(20-70\% \text{RTV})}=4.88$. Do ponovnog rasta dolazi u punom tonu, sada mu je razlika $\Delta E_{\text{Avery-Fogra}(100\% \text{RTV})}=10.43$. To znači da je odstupanje prešlo dozvoljenu granicu tolerancije. Kolorimetrijska razlika Polipropilena i Termoeca na višim tonskim vrijednostima ima trend povećanja gdje se Polipropilen zadržao u području srednjeg odstupanja ($\Delta E_{\text{PP-Fogra}(100\% \text{RTV})}=6.47$) dok je Termoeco prešao u područje većeg odstupanja ($\Delta E_{\text{Termoeco-Fogra}(100\% \text{RTV})}=7.35$). Zanimljivo je to da na 70% tonske vrijednosti sve tri podloge imaju gotovo istu kolorimetrijsku razliku koja se kreće u vrijednostima od $\Delta E=4.91$ do $\Delta E=5.12$.

Kolorimetrijsku razliku detaljnije možemo vidjeti na slici 29c i 29d gdje se vide uzroci nastalih kolorimetrijskih odstupanja. U nižim tonskim vrijednostima (10 %-20 % RTV) otisnuta podloga Termoeco je nešto tamnija nego referentna točka dok su Avery i Polipropilen gotovo identičnih vrijednosti kao referenca. Međutim, s povećanjem površinske pokrivenosti postaju malo svjetliji. Sa srednjim tonskim vrijednostima (40% RTV) svjetlina počinje rasti i taj rast se nastavlja sve do punog tona magente.

Razlike u kromatičnosti su puno manje nego razlike u svjetlini. Samim time kromatske vrijednosti ne prelaze vrijednosti $\Delta C=2.78$ odnosno $\Delta C=-2.58$. Avery ima konstantno zadovoljavajuće vrijednosti kromatskog odstupanja kroz sva testirana polja. Iznimka je puni ton gdje je otisak manje zasićen te razlika iznosi $\Delta C_{\text{Avery-Fogra}(100\% \text{RTV})}=-2.58$. U punom tonu reprodukcija magente na Polipropilenu i Termoecu je izvrsna. Izuzevši puni ton otisak na Termoeco podlozi je dosta zasićeniji te je odstupanje veće nego na ostalim podlogama. Srednja vrijednost tog odstupanja je $\Delta C_{\text{Termoeco-Fogra}(10\%-70\% \text{RTV})}=-1.91$. Polipropilen je potpuno zadovoljavajuć a na nekim tonskim vrijednostima i izvrstan. Iznimka mu je viša tonska vrijednost (70%RTV) gdje je dosta zasićeniji od Fogra 39 reference.



Slika 30. Odstupanje žutog otisaka otisnutih na samoljepljivim materijalima Avery, Polipropilem i Termoecco nastalih na tiskarskom stroju Durst Tau 330 RSC: a) 3D krivulja reprodukcije, b) CIE LAB ΔE , c) CIE LAB ΔL , d) CIE LAB ΔC

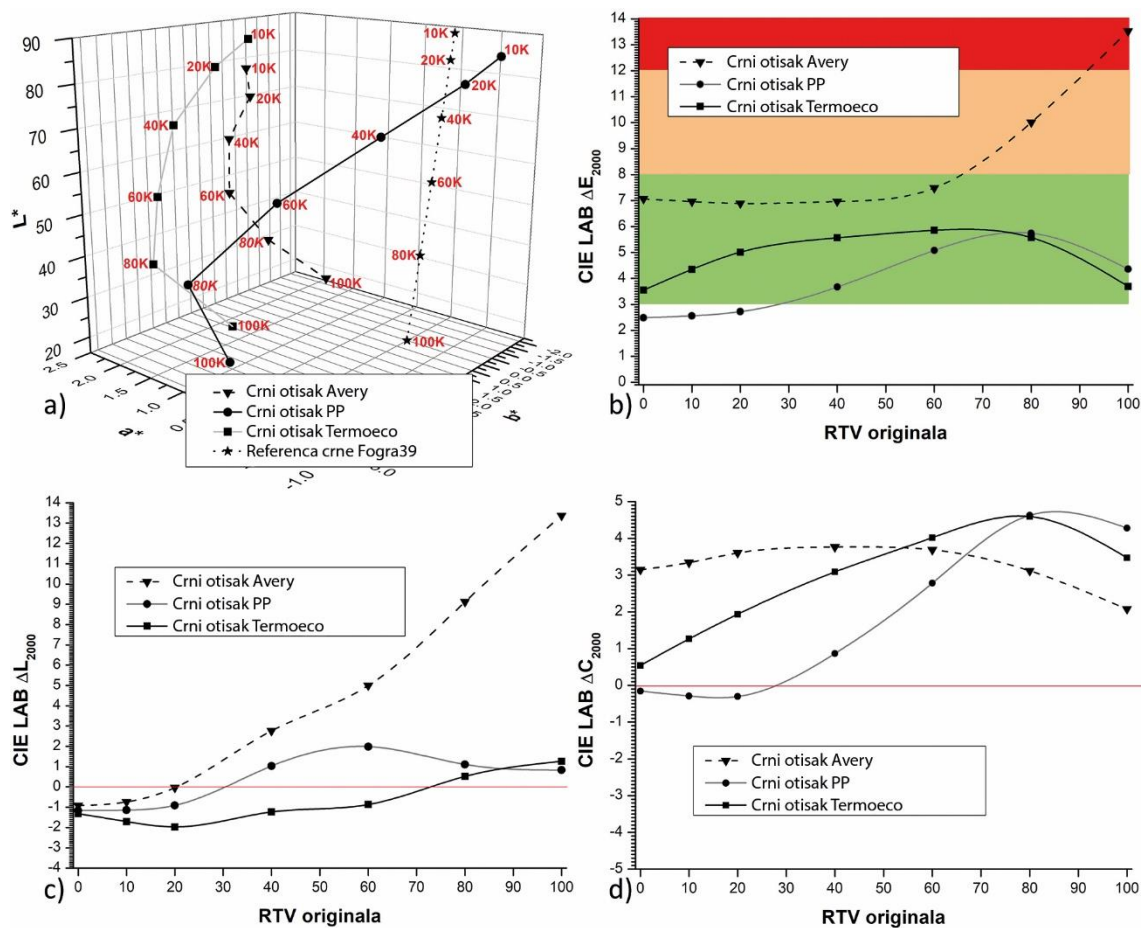
Iz 3D grafa na slici 30a vidi se da u nižim tonskim vrijednostima Avery i Polipropilen imaju pomak krivulje prema zelenijem području. Taj pomak je izraženiji prema srednjim tonovima, da bi se kasnije (kod viših tonskih vrijednosti) krivulja vratila natrag u smjeru akromatske osi. Kod Termoecca imamo linearnu krivulju koja teži prema plavijim tonovima dok na višim tonskim vrijednostima kolorne vrijednosti naglo mijenjaju smjer. To se događa jer tonske vrijednosti između 10% i 100% gotovo nemaju razliku u svjetlini otiska.

Krivulje sa slike 30b nam govore da je žuta separacija najbolje reproducirana te nemamo niti jednu samoljepljivu podlogu koja prelazi granicu srednjeg Fogra 39 odstupanja. Tiskovna podloga Avery u najnižoj tonskoj vrijednosti (10% RTV) nalazi se u području srednjeg odstupanja da bi se prema srednjim tonovima vratila u područje dozvoljenog odstupanja. Prema punom tonu opet raste gdje se nalazi u donjoj granici područja srednjeg odstupanja ($\Delta E_{\text{Avery-Fogra}(70\% \text{RTV})} = 3.06$ i $\Delta E_{\text{Avery-Fogra}(100\% \text{RTV})} = 4.12$). Iz grafikona vidimo da je kolorimetrijska razlika na podlozi Termoecco najkonstantnija. Ona je u najnižem tonu na samom rubu dozvoljene granice ($\Delta E_{\text{Termoecco-Fogra}(10\% \text{RTV})} = 3.02$), dok je u

nižima (20% RTV) unutar nje. Prema srednjim tonovima žute separacije razlika raste te se opet nalazi na rubu dozvoljene granice $\Delta E_{\text{Termoeco-Fogra}(40\% \text{RTV})} = 3.14$. Prema višim tonskim vrijednostima (70% RTV) razlika raste u srednje odstupanje. U punom tonu razlika je opet unutar dozvoljene Fogra 39 tolerancije. Reprodukcijska na Polipropilenu je ovdje najlošija. U dozvoljenim granicama odstupanja su samo najniža tonska vrijednost (10% RTV) i puni ton, dok je reprodukcija ostalih tonova u srednjem odstupanju s najvećom razlikom ($\Delta E_{\text{PP-Fogra}(70\% \text{RTV})} = 4.82$). Bez obzira na to ovaj etiketni materijal je dobar i ova odstupanja moguće je korigirati kompenzacijskom krivuljom.

Promjene u svjetlini kod Averya i Polipropilena su vrlo male. U nekim tonskim vrijednostima (40% i 70% RTV) su minimalno svjetlije, dok su u drugima analiziranim poljima (10% i 100% RTV) tamnije od referentne vrijednosti. Srednja vrijednost razlike Averya je $\Delta L = -0.2$ a Polipropilena $\Delta L = -0.4$. Termoeco je jedina tiskarska podloga u kojoj dolazi do veće razlike u svjetlini te konstantno raste povećanjem površinske pokrivenosti. Ona u prosjeku iznosi $\Delta L = -2.35$, gdje do najveće devijacije dolazi u višim tonskim vrijednostima $\Delta L_{\text{Termoeco-Fogra}(70\% \text{RTV})} = -3.05$.

Separacija žute boje ima najveća odstupanja u kromatičnosti. Zbog takvih karakteristika podloga svi otisci su manje zasićeniji. Izuzetak su otisci na Termoecu i Polipropilenu pri najnižim tonskim vrijednostima (10% RTV) i punom tonu (100% RTV). Manja zasićenost je posebno uočljiva kod viših tonova kolorne separacije otisnute na tiskovnoj podlozi Avery i srednjih tonova na Polipropilenu i Termoecu. Međutim, na Termoecu ta razlika ne prelazi $\Delta C = -1.72$, odnosno $\Delta C = -2.53$ na polipropilenu. Posebno je zanimljivo da su kod Averya niže tonske vrijednosti puno zasićenije od referentne vrijednosti te iznose $\Delta C_{\text{Avery-Fogra}(10\% \text{RTV})} = 4.10$ i $\Delta C_{\text{Avery-Fogra}(20\% \text{RTV})} = 2.36$, dok je puni ton puno manje zasićeniji ($\Delta C_{\text{Avery-Fogra}(100\% \text{RTV})} = -4.07$).



Slika 31. Odstupanje crnog otisaka otisnutih na samoljepljivim materijalima Avery, Polipropilen i Termoecco nastalih na tiskarskom stroju Durst Tau 330 RSC: a) 3D krivulja reprodukcije, b) CIE LAB ΔE , c) CIE LAB ΔL , d) CIE LAB ΔC

Kod standardne akromatske crne imamo apsolutno linearnu krivulju. Tiskovne podloge Avery, Polipropilen i Termoecco ne prate tu idealnu krivulju te ona ima skretanje koje je izraženije po kromatičnosti. U srednjim tonovima Termoecco i Avery imaju lagano skretanje u žutom smjeru gdje se nakon toga u višim tonovima vraćaju nazad. Polipropilen s rastom površinske pokrivenosti ima linearno povećanje prema žučkastim tonovima. Međutim kod punog tona se naglo smanjuje.

Promatrajući ukupnu kolorimetrijsku razliku na slici 31b zapažamo da nema tiskovne podloge koja je u dozvoljenom odstupanju. Izuzetak je Polipropilen kod kojeg su samo svijetliji tonovi (10%, 20% RTV) u granici dozvoljenog odstupanja. Kolorimetrijska razlika Polipropilena nakon toga raste prema višim tonovima gdje dolazi do maksimuma kod 80% tonske vrijednosti ($\Delta E_{PP-Fogra(80\%RTV)}=5.74$). Nakon toga u punom tonu se ostvaruje pad na razliku od $\Delta E_{PP-Fogra(100\%RTV)}=4.36$. Termoecco se cijelo vrijeme nalazi u granici srednjeg odstupanja. On je konstantan i ta kolorna razlika u prosjeku iznosi $\Delta E=5.74$. Termoecco etiketa kod punog tona pada na kolornu razliku od $\Delta E_{Termoecco-Fogra(100\%RTV)}=3.7$, što je također i najbolja reprodukciju punog tona crne.

Avery je konstantan te prati gornju granicu srednjeg odstupanja te mu je srednja vrijednost $\Delta E_{\text{Avery-Fogra}(10\%-60\% \text{RTV})} = 7.08$. U višim tonovima (nakon 60% tonske vrijednosti) raste na $\Delta E_{\text{Avery-Fogra}(80\% \text{RTV})} = 10.01$ (područje većeg odstupanja). Nakon čega se trend rasta odstupanja nastavlja i u punom tonu doseže $\Delta E_{\text{Avery-Fogra}(100\% \text{RTV})} = 13.53$. To je ujedino i područje nedozvoljenog odstupanje.

Razlog zašto je ukupna kolorimetrijska razlika toliko porasla na tiskovnoj podlozi Avery može se očitati iz grafikona 31c. Nakon srednjih tonskih vrijednosti gdje je razlika bila mala ($\Delta L_{\text{Avery-Fogra}(40\% \text{RTV})} = 2.77$) dolazi do naglog povećanja odstupanja punog tona na iznos od čak $\Delta L_{\text{Avery-Fogra}(100\% \text{RTV})} = 13.37$. To je porast za više od $\Delta L = 10$ te je takav otisak puno svjetliji nego referentna vrijednost. Tiskovne podloge Polipropilen i Termoeco su stabilne te nemaju naglih promjena. Njihove vrijednosti ne prelaze područje odstupanja od $\Delta L = -1.71$ do $\Delta L = 1.99$.

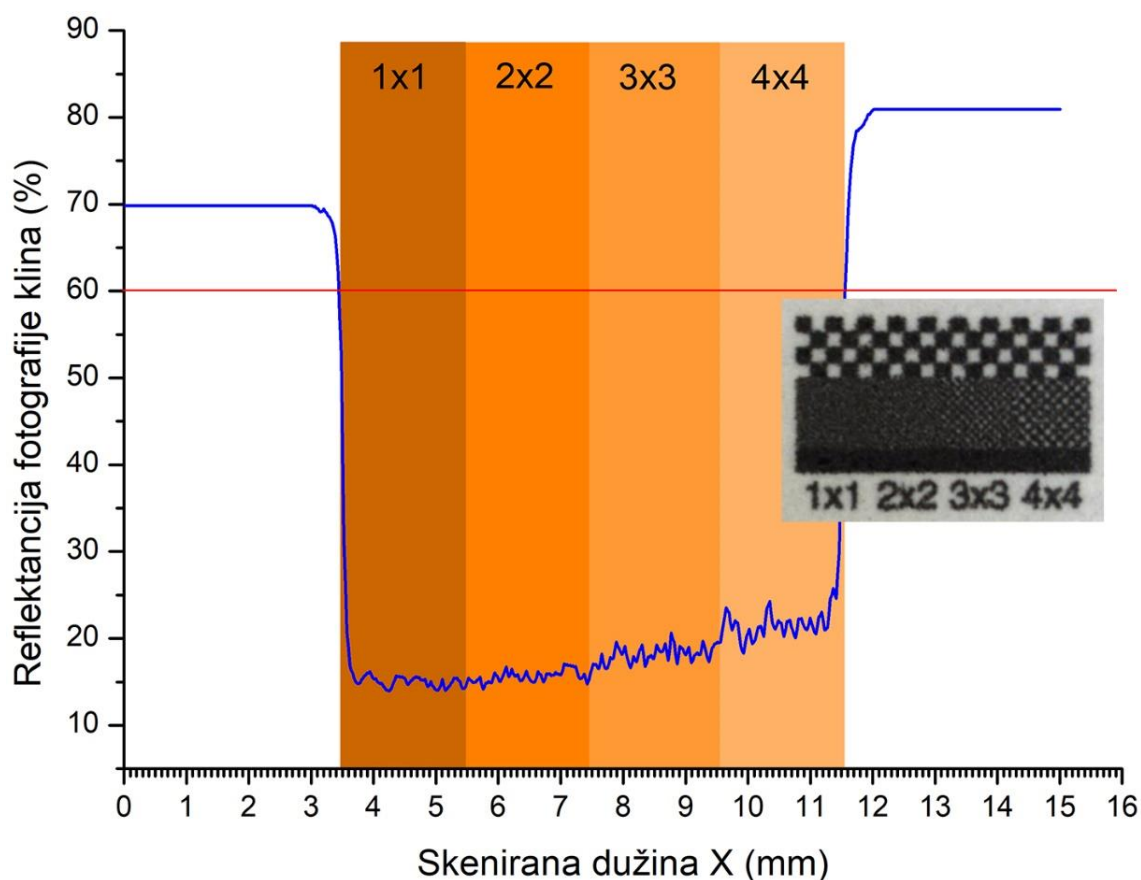
U kromatičnosti nema nekih posebno velikih odstupanja i niti jedna podloga ne prelazi $\Delta C = 4.59$. Otisci na svim podlogama su dosta zasićeniji, uz izuzetak Polipropilena u nižim tonskim vrijednostima (10%, 20% RTV) koji su minimalno zagasitiji. Odstupanja su najuočljivija kod viših tonova Polipropilena i Termoeca te kod srednjih tonova Averya.

4.3 Slikovna analiza testa rezolucije

4.3.1 Test rezolucije reprodukcijom Fogra klina

Za test rezolucije analiziran je klin koji je segment Fogrinog PDF-a koji služi za analizu probnih otisaka i testiranje stanja digitalnih tiskarskih strojeva. Test rezolucije klinom izvodi se tako da se reproducira klin veličine 8x5 mm. Klin se potom fotografira digitalnim mikroskopom gdje 2.5 μm stvarne veličine odgovara 1 pikselu na fotografiji. Potom se softverom izvodi krivulju reflektancije iz koje se radi analiza realiziranog klina. Klin je građen tako da sadrži 4 polja koji su kvadratičnog oblika s veličinama elemenata u rezoluciji od 1x1, 2x2, 3x3, 4x4 pixela. Na vrhu klina nalazi se 50% tonska vrijednost u obliku kvadratičnog rastera. Na digitalnom mikroskopu PIAS-II generirane su uvećane TIFF fotografije pomoću kojih smo slikovnom analizom definirali krivulje reflektancije u dužini od 16 mm.

Na slikama 31, 33, 34, i 35 prikazane su krivulje reflektancije i fotografija realiziranog klina za tiskovne podloge Avery Verge vreme FSC, OPP TC White Gloss 60, ScandStick ScandTherm TCS i EFI Offset Proof paper 9200 semimatt.



Slika 32. Krivulje reflektancije i fotografija klina u testu rezolucije na tiskovnoj podlozi Avery

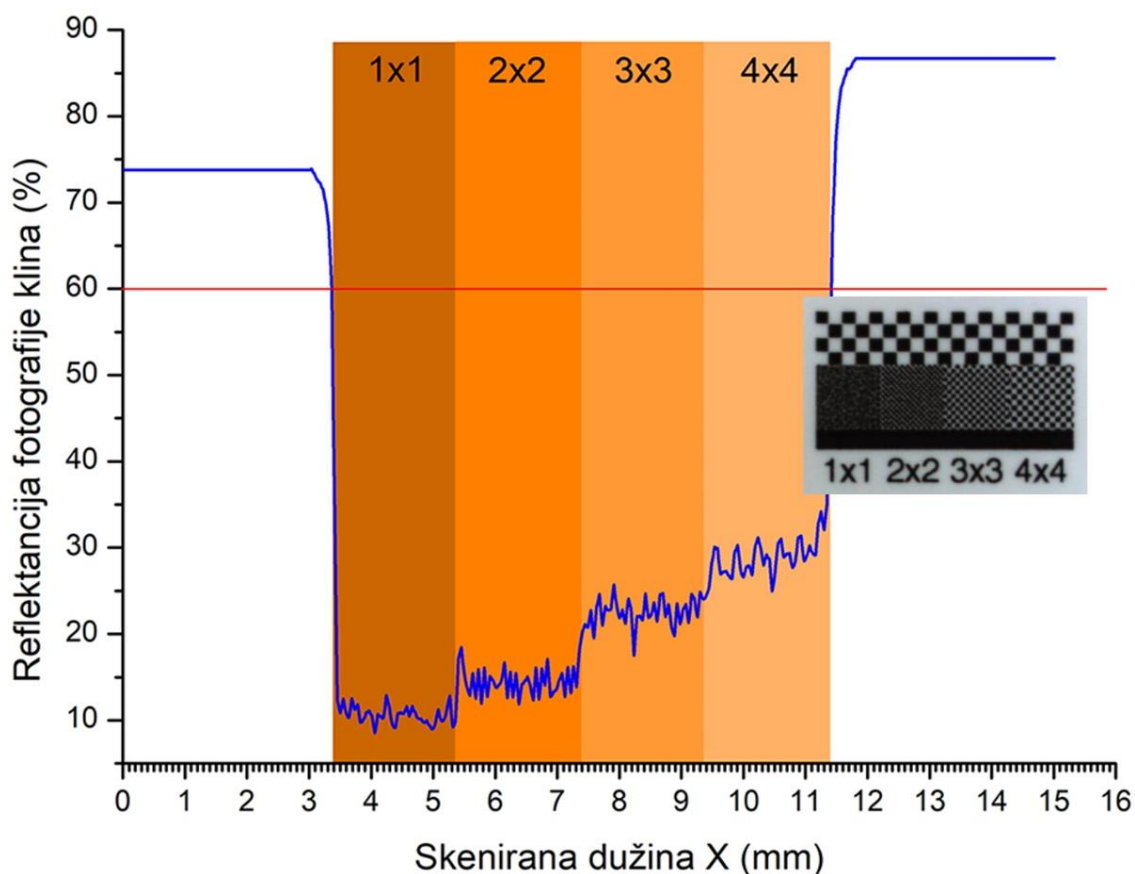
Vizualnom analizom fotografije klina na tiskovnoj podlozi Avery otisnutog sa UV Inkjet strojem Durst Tau 330 RSC vidljivo je da prva dva kvadratična polja veličine (1x1 px i 2x2 px) nije moguće ostvariti. Prvo polje u kojemu je vidljiva razlika (jasniji kvadratični oblici i bjelina) je treće polje koje je definirano elementima veličine 3x3 px. U četvrtom polju u kojemu su elementi veličine 4x4 px vidi se da su kvadratični elementi jasniji te su sve uočljivija bijela polja. Samim time taj segment ima izraženiji šum. Što je šum veći preciznost tiskarskog sustava je bolja.

Osim vizualno, klin se može analizirati iz reflektancijske krivulje koja se dobiva iz slikovne analize. Tako se vidi da prvo polje (1x1 px) koje se nalazi na dužini od $\approx 3,5$ mm do $\approx 5,5$ mm nema nekih jasnih vrhova koji bi trebali biti bijeli i crni kvadratični elementi. Sve vrijednosti se kreću između $R_{\text{Avery}(1x1)\text{min.}}=13.94\%$ i $R_{\text{Avery}(1x1)\text{max.}}=16.37\%$ to jest srednja vrijednosti krivulje iznosi $R_{\text{Avery}(1x1)\text{sred.}}=15.02\%$.

Drugo polje 2x2 px (područje od $\approx 5,5$ mm do 7,5 mm,) također nema jasnih vrhova te zadržava vrijednosti gotovo identične kao prvo polje. Srednja vrijednost krivulje iznosi $R_{\text{Avery}(2x2)\text{sred.}}=15.64\%$ sa ekstremima vrhova koji se mu se kreću od $R_{\text{Avery}(2x2)\text{min.}}=14.15\%$ do $R_{\text{Avery}(2x2)\text{max.}}=17.11\%$.

U trećem polju koje se sastoji od kvadratičnih elemenata veličine 3x3 px (područje od $\approx 7,5$ mm do 9,5 mm) vide se prve razlike između crnih i bijelih polja te su vrhovi na reflektancijskoj krivulji jasniji. Srednja vrijednost krivulje iznosi $R_{\text{Avery}(3x3)\text{sred.}}=18.17\%$. Minimalna vrijednost je $R_{\text{Avery}(3x3)\text{min.}}=16.5\%$ dok je maksimalna vrijednost $R_{\text{Avery}(3x3)\text{max.}}=20.64\%$.

Četvrto polje 4x4 px je dimenzijom elemenata najveće i nalazi se u području od $\approx 9,5$ mm do 10,5 mm. Ono je i najbolje realizirano te ima zadovoljavajuću šum. Vrhovi na krivulji su uočljivi te je razlika između crnih i bijelih elemenata jasnija. Vrijednost reflektancije u prosjeku iznosi $R_{\text{Avery}(4x4)\text{sred.}}=21.65\%$, dok najveća reflektancija u tom području iznosi $R_{\text{Avery}(4x4)\text{max.}}=25.8\%$ a najniža $R_{\text{Avery}(4x4)\text{min.}}=18.28\%$.



Slika 33. Krivulje reflektancije i fotografija klina u testu rezolucije na tiskovnoj podlozi Polipropilen

Tiskovna podloga polipropilen pokazala se kao idealna podloga i kod testa rezolucije tj. pri realizaciju najsitnijih grafičkih elemenata. Iz vizualne analize se vidi da prvo polje (1x1 px) ima lošiju reprodukciju elemenata, (bijeli kvadratični elementi su slabo vidljivi i dolazi do malog šuma). Drugo polje (2x2 px) ima jasno vidljive crne i bijele elemente u polju. Treće (3x3 px) i četvrto polje (4x4 px) imaju gotovo idealno otisnute elemente te se bijela polja mogu prebrojati golim okom.

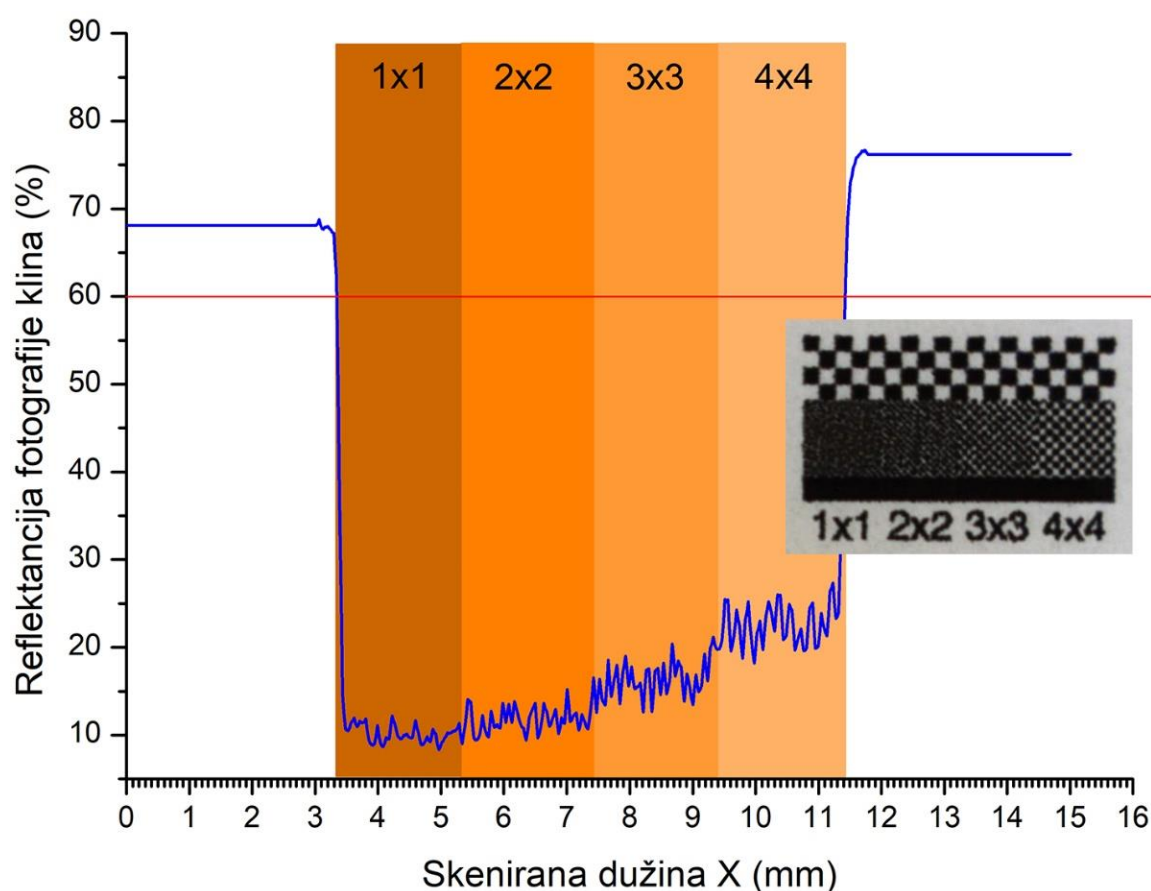
Rezultate iz vizualne procjene mogu se brojčano dokazati slikovnom analizom. Tako na prvom polju 1x1 px (područje od $\approx 3,5$ mm do 5,5 mm) krivulja reflektancija sadrži male vrhove što znači da tiskovni elementi nisu dobro realizirani te dolazi do smetnji u uočavanju. Srednja vrijednost krivulje tako iznosi $R_{PP(1x1)_sred.}=10.61\%$, uz minimalnu vrijednost od $R_{PP(1x1)_min.}=8.51\%$ i maksimalnu vrijednost od $R_{PP(1x1)_max.}=12.9\%$.

Drugo polje 2x2 px na području od $\approx 5,5$ mm do 7,5 mm ima jasne vrhove refleksije koji predstavljaju bijele i crne kvadratične elemente u polju. Pritom je minimalna vrijednost krivulje $R_{PP(2x2)_min.}=11.87\%$ dok je najveća $R_{PP(2x2)_max.}=19.12\%$. Srednja vrijednost pritom iznosi $R_{PP(2x2)_sred.}=14,5\%$.

Treće polje veličine elemenata od 3x3 piksela na udaljenosti od $\approx 7,5$ mm do 9,5 mm je

prvo polje za koje možemo reći da je test rezolucije stvarno idealan. Tako imamo najveću razliku do sada između crni i bijelih kvadratičnih elemenata. Vrhovi su jasni sa maksimalnim reflektancijskim vrhom od $R_{PP(3x3)_{max.}}=25,73\%$ i minimalnim $R_{PP(3x3)_{min.}}=17,5\%$.

Četvrto polje (područje klina sa najvećim elementima veličine 4x4 px, u području od $\approx 9,5$ mm – 11,5 mm) je prvo polje na ovoj podlozi gdje se reflektancijska krivulja može usporediti sa PDF-om. Samim time krivulja sadrži točno vidljivih šest vrhova koji odgovaraju realnoj slici klina koji (u svakom retku ima 6 bijelih kvadratičnih elemenata). Najviša reflektancija klina pritom iznosi $R_{PP(4x4)_{max.}}=34,21\%$ a najniža $R_{PP(4x4)_{min.}}=24,2\%$, srednja vrijednost krivulje je $R_{PP(4x4)_{sred.}}=28,9\%$.



Slika 34. Krivulje reflektancije i fotografija klina u testu rezolucije na tiskovnoj podlozi Termoeco

Termalna etiketa Termoeco je također kao i Polipropilen pogodna za reprodukciju manjih grafičkih elemenata. Međutim kod najsitnijih elemenata (1x1 px i 2x2 px) dolazi do njihovih gubitaka. Tako prvo polju (1x1 px) nije dobro realizirano, te je otisak sličan kao i kod Polipropilena. U drugo bolju (2x2 px) neki bijeli elementi se počinju nazirati ali vizualno nije na razini Polipropilena. Treće polje (3x3 px) ovdje ima vidljive elemente koji još nisu potpuno jasni kao kod Polipropilena. Četvrto polje (4x4 px) je dobro te ima

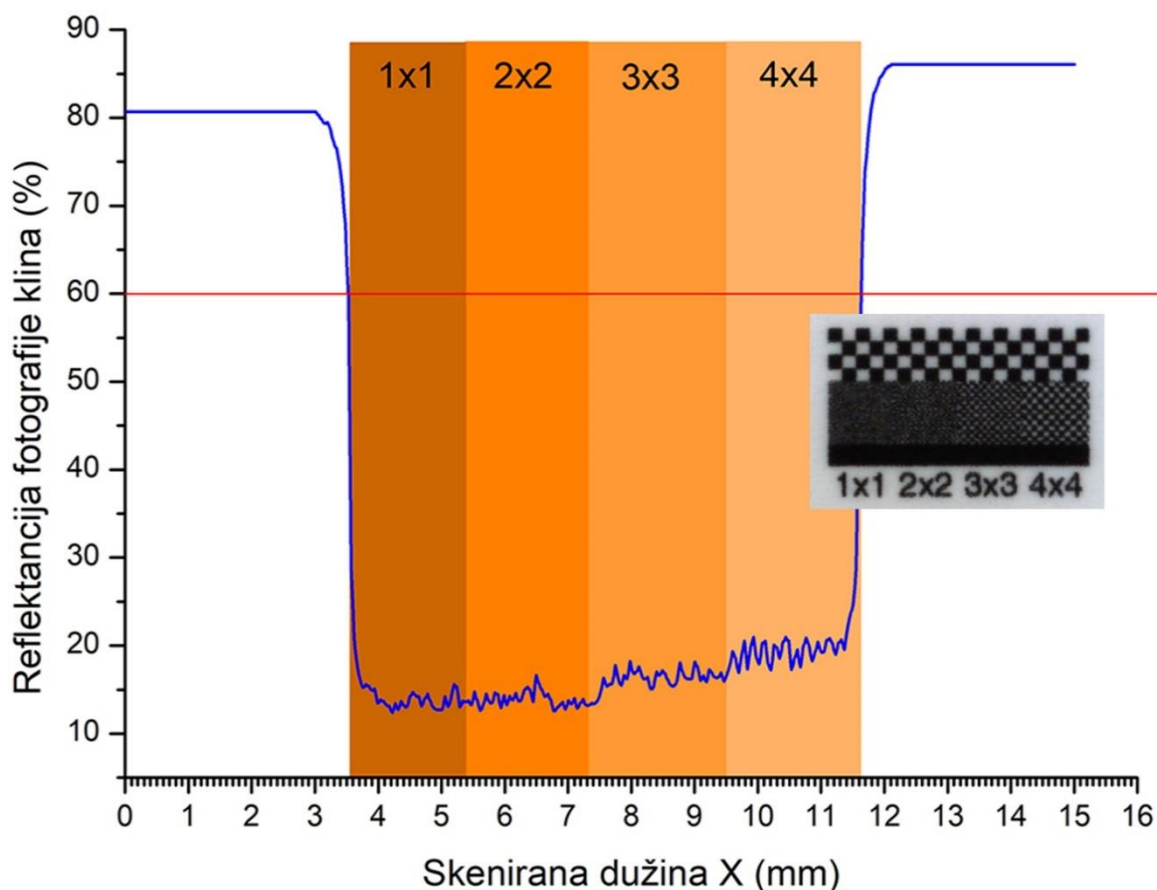
jasne elemente koji se također daju prebrojati golim okom. Međutim, vizualno otisak još nije kao kod Polipropilena.

Krivulju reflektancije Termoeca izgleda dobro. Tako je prvo polje 1x1 px ($\approx 3,5 \text{ mm} - 5,5 \text{ mm}$) vrlo slično Polipropilena te je uočljiv mali šum. Vidljivi su sitni vrhovi te nema velike razlike između crnih i bijelih elemenata u polju. Najveća reflektancija iznosi $R_{\text{Term.}(1x1)\text{max.}}=12.21\%$ dok je najniža $R_{\text{Term.}(1x1)\text{min.}}=8.3\%$. Pritom srednja vrijednost je $R_{\text{Term.}(1x1)\text{sred.}}=10.14\%$.

Drugo polje elemenata 2x2 px ($\approx 5,5 \text{ mm} - 7,5 \text{ mm}$) ima uočljivije vrhove ali nema ujednačenu frekvenciju ponavljanja kao polipropilen. Stoga su joj šum i vrijednosti krivulje nešto lošije nego kod Polipropilena. Postignuta srednja vrijednost reflektancije iznosi $R_{\text{Term.}(2x2)\text{sred.}}=11.73\%$. Najveća postignuta reflektancija u tom dijelu klina iznosi $R_{\text{Term.}(2x2)\text{max.}}=15,2\%$ dok je najniža $R_{\text{Term.}(2x2)\text{min.}}=9.42\%$.

U trećem polju (3x3 px) u području od $\approx 7,5 \text{ mm}$ do $9,5 \text{ mm}$ uočljive su prve velike razlike u refleksiji između crnih i bijelih polja. Vrhovi su jasni te je i time šum izaženiji. Razlike između crnih i bijelih elemenata su gotovo jednake kao i kod polipropilena. Međutim, sami rubovi elemenata nisu oštri te dolazi do njihovog nazubljenja odnosno smetnju u šumu. Pritom maksimalna reflektancija iznosi $R_{\text{Term.}(3x3)\text{max.}}=21.17\%$ a minimalna $R_{\text{Term.}(3x3)\text{min.}}=12.54\%$, odnosno njihova srednja vrijednost trećeg polja je $R_{\text{Term.}(3x3)\text{sred.}}=16,36\%$.

Četvrto polje s najvećim elementima od 4x4 px ($\approx 9,5 \text{ mm} - 11,5 \text{ mm}$). Ono ima jasno izražene vrhove reflektancije. Međutim zbog lošije oštine ruba elemenata dolazi do minornih grešaka u reflektancijskoj krivulji. Samim time srednja vrijednost iznosi $R_{\text{Term.}(4x4)\text{sred.}}=22.5\%$. Tako je minimalna reflektancija najvećeg polja klina $R_{\text{Term.}(4x4)\text{min.}}=18.2\%$ dok je maksimalna postignuta reflektancija $R_{\text{Term.}(4x4)\text{max.}}=27.35\%$.



Slika 35. Krivulje reflektancije i fotografija klina u testu rezolucije na referentnoj tiskovnoj podlozi Fogra39 (EFI Offset Proof paper 9200 semimatt)

Papiri za probno otiskivanje u Inkjetu potpuno su prilagođeni za Inkjet bojila. Samim time za očekivati je i najbolji rezultat. Međutim, bojila na bazi vode ostvarit će lošije rezultate u odnosu na UV sučeca bojila.

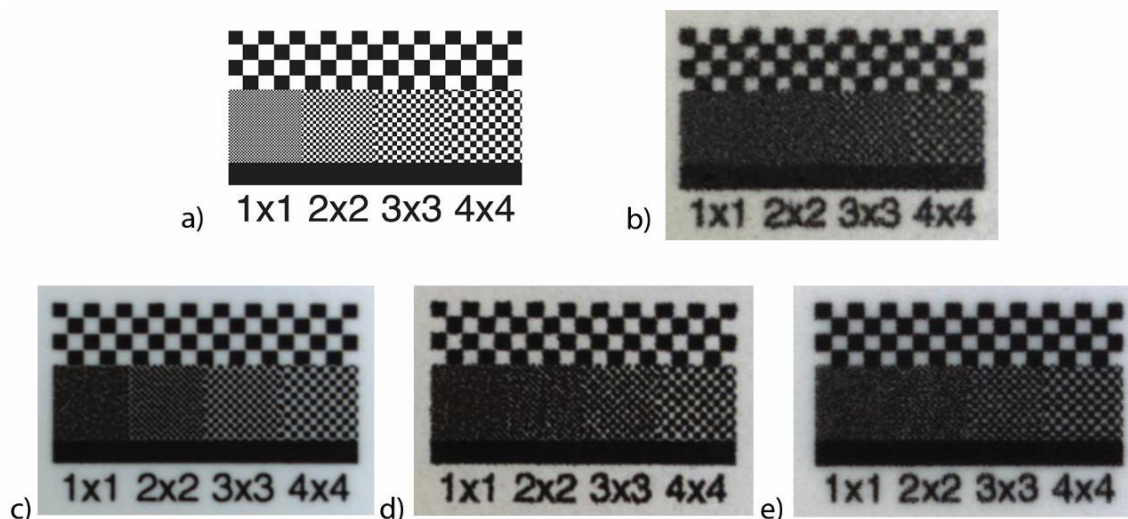
Zbog korištenih bojila prva dva polja (1x1 px i 2x2 px) nemaju uspješnu realizaciju klina. U prvom polju ne dolazi do realizacije bijelih kvadratičnih elemenata dok se u drugom polju promjene jedva naziru. Treće polje (3x3 px) je prvo polje s malim naznakama vidljivog otiskivanja tog dijela klina. Četvrto polje (4x4 px) ima jasne kvadratične elemente u polju. Razlog tomu su mikro razljevanja bojila na bazi vode koje se nije uspjelo brzo osušiti.

Reflektancija krivulja potpuno odgovara vizualnoj procjeni. Tako prvo polje s najmanjim elementima veličine 1x1 px ($\approx 3,5 \text{ mm} - 5,5 \text{ mm}$) nema dobru krivulju te nema jasan šum. Srednja vrijednost iznosi $R_{\text{EFI}(1x1)\text{,sred.}}=13.81\%$. Maksimalna vrijednost krivulje je vrh kojemu vrijednost iznosi $R_{\text{EFI}(1x1)\text{,max.}}=15.63\%$ dok je minimalna vrijednost $R_{\text{EFI}(1x1)\text{,min.}}=12.37\%$.

Drugo polje (2x2 px na području od $\approx 5,5$ mm do 7,5 mm) ima potpuno istu krivulju kao i prvo polje. Samim time i vrijednosti su mu slične. Tako je minimum $R_{EFI(2x2)_{min.}}=12.54\%$, maksimumu $R_{EFI(2x2)_{max.}}=16.68\%$ a srednja vrijednost iznosi $R_{EFI(2x2)_{sred.}}=13.94\%$.

Treće polje (područje od $\approx 7,5$ mm do 9,5 mm) veličine 3x3 px u odnosu na druge ispitane tiskovne podloge ima najgoru reflektancijsku krivulju. Takva krivulja sadrži vizualno vidljive vrhove ali je sama krivulja puna grešaka, te je šum slabo vidljiv. Vrijednosti krivulje su tek za nijansu bolje od prvog i drugog polja. Maksimalna postignuta reflektancija je $R_{EFI(3x3)_{max.}}=19.39\%$, minimalna reflektancija je $R_{EFI(3x3)_{min.}}=15.09\%$ a prosječna vrijednost krivulje iznosi $R_{EFI(3x3)_{sred.}}=16.56\%$.

Četvrto polje, ujedino i polje s najveći elementima veličine 4x4 piksela ($\approx 9,5$ mm – 11,5 mm) tek ovdje ima izraženije vrhovi te više šuma u krivulji. Sama krivulja ne izgleda loše ali nema te velike razlike između djelova klina s visokom i niskom refleksijom. Maksimalna reflektancija iznosi niskih $R_{EFI(4x4)_{max.}}=21\%$ dok je minimalna $R_{EFI(4x4)_{min.}}=16.9\%$. Tako je srednja vrijednost iznosi $R_{EFI(4x4)_{sred.}}=19.36\%$

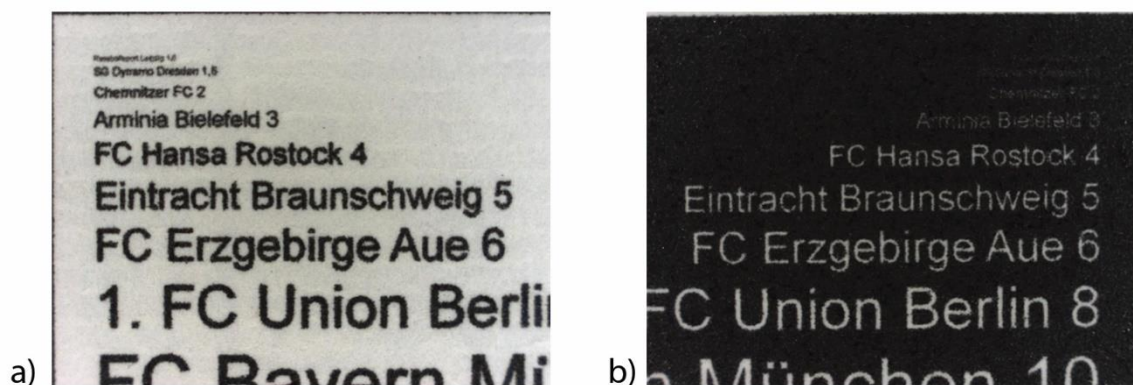


Slika 36. Reproducirani klinovi u testu rezolucije na tiskovnim podlogama a) Fogra PDF b) Avery Verge vreme FSC c) OPP TC White Gloss 60 d) ScandStick ScandTherm TCS e) EFI Offset Proof paper 9200 semimatt

4.3.2 Test reprodukcije teksta u pozitivu i negative

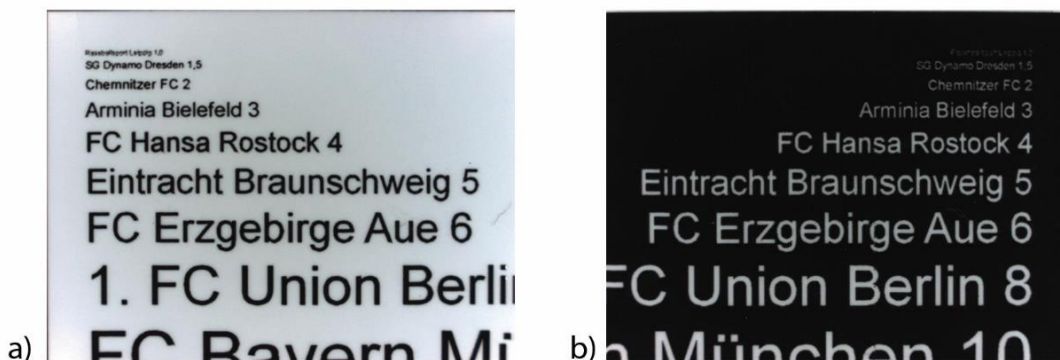
Test reprodukcije teksta također je segment iz Fogrinog PDF-a napravljenog za testiranje digitalnih strojeva. Takav test je vrlo važan u produkciji etiketa zbog toga što etikete često sadržavaju sitna slova u deklaraciji koja se teško reproduciraju na lošim tiskovnim podlogama. Nakon što je tekst reproduciran na svim tiskovnim podlogama, pomoću digitalnog mikroskopa napravljena je uvećana fotografija koja je potom vizualno analizirana (utvrđivanje najmanje veličine teksta koja je čitljiva). Tekst koji se reproducira napravljen je i u pozitivu i negativu a slovni znakovi dolaze u 11 različitih tipografskih veličina. To su veličine teksta od: 1 pt (0.353 mm), 1.5 pt (0.53 mm), 2 pt (0.71 mm), 3 (1.06 mm), 4 pt (1.41 mm), 5 pt (1.76 mm), 6 pt (2.12 mm), 8 pt (2.62 mm), 10 pt (3.53 mm), 12 pt (4,23 mm) i 14 pt (4,94 mm).

Na slikama 36, 37, 38, i 39 prikazani su reproducirani tekstovi u pozitivu i negative na tiskovnim podlogama Avery Verge vreme FSC, OPP TC White Gloss 60, ScandStick ScandTherm TCS i EFI Offset Proof paper 9200 semimatt.



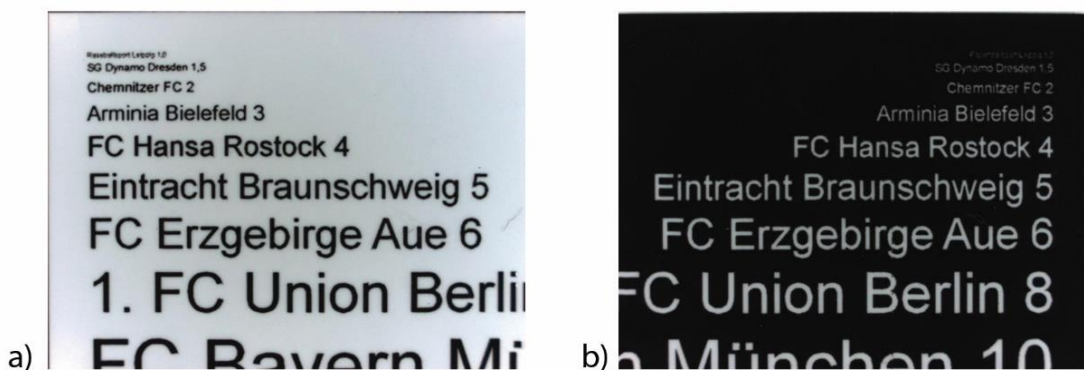
Slika 37. Reproducirani tekst različitih veličina na tiskovnoj podlozi Avery Verge vreme FSC a) pozitiv i b) negativ

Iz slike 36. vidi se da je test uspješniji u varijanti pozitivu nego negativu. Razlog tomu je to što se tanke linije negativ teksta popunjavaju bojom zbog velike upojnosti papira i prevelikog nanosa bojila. Tako je tekst na slici 36a u pozitivu veličine 3 pt čitljiv i jasan dok kod manjih veličina dolazi do zamučanja i spajanja slova. Pojedina slova i brojeke se mogu pročitati na veličinama manjim od 3 pt. Samim time tiskovna podloga Avery nije pogodna za tisak mikro tekstova. Na slici 36b, varijanta negativna je nešto manje uspješno realizirana. Veličina 4 pt je zadnja jasna i čitljiva veličina teksta a sve ispod nje je mutno i popunjeno bojom.



Slika 38. Reproducirani tekst različitih veličina na tiskovnoj podlozi OPP TC White Gloss 60
a) pozitiv i b) negativ

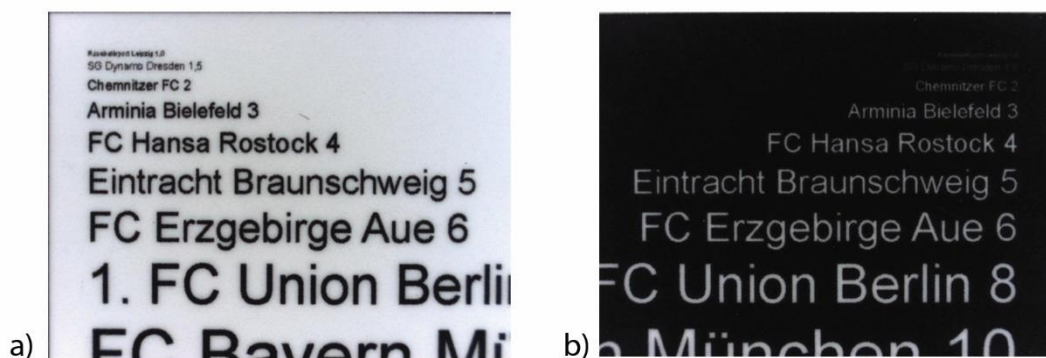
Reproducirani tekstovi na polipropilenskoj foliji također bolje izgledaju u pozitivu nego u negative. Međutim, na tiskovnoj podlozi od polipropilena pozitiv otisak je samo za nijansu bolji. Tekst u pozitivu (slika 37a) je jasan i oštar do skoro najmanje veličine od 1.5 pt. Na tekstu veličine 1.5 pt kreće zamućenje ali su slova i dalje uočljiva. Negativska varijanta (slika 37b) ima gotovo sličnu reprodukciju gdje je tekst veličine 2 pt zadnji za kojega se može smatrati da je baš uspješno realiziran. Tekst veličine 1.5 pt je donekle čitlji ali je moguće da po industrijskim standardima ne bi bio pogodan za realizaciju. Za Durst tehnologiju može se reći da je u potpunosti prilagođena tisku na polimerne materijale.



Slika 39. Reproducirani tekst različitih veličina na tiskovnoj podlozi ScandStick ScandTherm TCS a) pozitiv i b) negativ

Uspješnost realizacije teksta na podlozi Termoeco je samo za nijansu bolja u pozitivu nego negative. Linije teksta su popunjenije i jasnije dok se u negativu tanke linije u slovnim znakovima popunjavaju bojilom. Međutim ostvareni kontrast negative teksta je puno veći nego kod polipropilena. Tako se sa slike 37a vidi da je veličina od 3 pt posljednja na kojoj su slova čitljiva i oštra dok je veličina od 2 pt na granici uspješnosti primjene. U tekstu veličine 1.5 pt većina slova više nije čitljiva te dolazi do prevelike deformacije slovnih znakova zbog razljevanja bojila.

Negativski otisak na slici 37b ima istu granicu čitljivosti od 3 pt. Spomenute su problematična tanke linije koje zbog velike količine bojila u negativu jednostavno popunjavaju bijele slovne znakove.



Slika 40. Reproducirani tekst različite veličine na tiskovnoj podlozi EFI Offset Proof paper 9200
a) pozitiv i b) negativ

Na papiru za probno otiskivanje (slika 39) se vidi da je kao i kod ostalih podloga tekst bolje realiziran u varijanti pozitivu. Tako je pozitiv tekst jasan i lako čitljiv do veličine 2 pt a sve manje od toga nije primjenjivo. Tekst veličine 1.5 pt se malo nazire ali je blijed i izgleda kao da mu nedostaje bojila. U varijanti negativa (slika 39b) posljedni tekst koji je lako čitljiv je veličine 3 pt, dok je tekst veličine 2 pt na granici uočljivosti. Kod veličina 2 pt i niže su linije u slovnim znakovima tako tanke da bojilo zbog veće upojnosti papira počinje ulaziti u bjelinu i čineći ga tankim i nečitkim.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovi kolorimetrijskih mjerenja uočljivo je da je etiketni materijal OPP TC White Gloss 60 (polipropilen) kod realizacije cijana, magenta i crne ima najslabije vrijednosti u odnosu na Fogra 39 standard. Samim time to ga čini najboljim etiketnim materijalom za realizaciju kolornih otisaka. Razlika između Polipropilena i Averya je velike i iznosi: $\Delta E_{PP-Avery_C}=-3.66$, $\Delta E_{PP-Avery_M}=-2.82$, $\Delta E_{PP-Avery_Y}=0.5$ (jedina separacija koje je bolje realizirana na tiskovnoj podlozi Avery) i $\Delta E_{PP-Avery_K}=-4.62$.

Etiketni materijal Avery Verge creme FSC (vinska etiketa) postiže najmanju kolorimetrijsku razliku u žutoj separaciji u odnosu na Fogra39 standard. Realizacija drugih separacija je najlošije te je tako ukupno gledano najlošija etiketa za otiskivanje kolornih otisaka. Ostvarene CMYK kolorimetrijske razlike pritom iznose visokih: $\Delta E_{Avery-Fogra_C}=7.14$, $\Delta E_{Avery-Fogra_M}=6.22$ i $\Delta E_{Avery-Fogra_K}=8.64$.

Slikovnom analizom vidljivo je da polipropilenska tiskovna podloga također ima najbolju mogućnost tiska visokih rezolucija i tiskovno zahtjevnih ilustracija. Vidljivo je i da etiketni materijal od polipropilena ima najveću bjelinu (najveću spektralnu refleksiju) i najmanju upojnost, samim time crni elementi se više ističu te ne dolazi do razljevanja bojila po papiru. Tako je postignuta najveća razlika između minimalne i maksimalne reflektancije i samim time šum je bolje realiziran. Vrijednosti su: $\Delta R_{PP(1x1)}=4.4\%$, $\Delta R_{PP(2x2)}=7.33\%$, $\Delta R_{PP(3x3)}=8.23\%$ i $\Delta R_{PP(4x4)}=10.01\%$. Također moguća je i realizacija ekstremno malih fontova od 3 pt u pozitivu odnosno negativu.

Vinska etiketa Avery je najlošija kod tiska visokih rezolucija. Razlog tomu je prevelika upojnost materijala etikete u odnosu na prenisu viskoznost UV inkjet bojila. Tako vinska etiketa nije dobar izbor za tisak sitnih detalja i ekstremno malih fontova. Razlika maksimalne i minimalne reflektancije je mala i iznosi: $\Delta R_{Avery(1x1)}=2.43\%$, $\Delta R_{Avery(2x2)}=2.96\%$, $\Delta R_{Avery(3x3)}=4.14\%$ i $\Delta R_{Avery(4x4)}=7.32\%$. Zadnja čitljiva veličina fonta je 3 pt u pozitivu (no puno lošije izgleda nego na Polipropilenu) i 4 pt u negative.

Kako ljudsko oko ne percipira veličine ispod 4 pt sve ove tiskovne podloge moguće je koristiti za realizaciju deklaracijskih etiketa. Finalna komparacija ostvarenih rezultata prikazana je u tablici 16, 17 i 18.

Tablica 16. Usporedba rezultata kolorimetrijskih mjerenja

Kolorimetrijska razlika ΔE_{CMYK}	Etiketni materijal		
	Avery Verge vreme FSC	OPP TC White Gloss	ScandStick ScandTherm TCS
ΔE_{Cijan}	✘	✓	✓/✘
$\Delta E_{\text{Magenta}}$	✘	✓	✓/✘
$\Delta E_{\text{Žuta}}$	✓/✘	✘	✓
ΔE_{Crna}	✘	✓	✓/✘

Tablica 17. Usporedba rezultata testa rezolucije

Razlika min. i max. reflektancije ΔR	Etiketni materijal		
	Avery Verge vreme FSC	OPP TC White Gloss	ScandStick ScandTherm TCS
$\Delta R_{(1 \times 1 \text{ px})}$	✘	✓	✓/✘
$\Delta R_{(2 \times 2 \text{ px})}$	✘	✓	✓/✘
$\Delta R_{(3 \times 3 \text{ px})}$	✘	✓/✘	✓
$\Delta R_{(4 \times 4 \text{ px})}$	✘	✓	✓/✘
ΔR_{Sred}	✘	✓	✓/✘

Tablica 18. Usporedba rezultata testa reprodukcije teksta

Najmanji čitljiv font (pt)	Etiketni materijal		
	Avery Verge vreme FSC	OPP TC White Gloss	ScandStick ScandTherm TCS
Pozitiv	✘	✓	✓/✘
Negativ	✘	✓	✓/✘

6. LITERATURA

1. <https://en.wikipedia.org/wiki/Label>
2. Kit L. Yam, The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology, 2009.
3. The Most Important Types of Paper for Beverage Labels, Kronos Manual of Labelling Technology, 1978
4. M. Fairley, The Challenge for Water-Borne Adhesives, Labels & Labeling, 1984.
5. M. Fairley, and R. Brown, Thermal Labelling, Labels & Labeling Data and Consultancy services Ltd., 1984.
6. N. Henderson, Trends and Developments in Heatseal Label Materials, Labels & Labelling Yearbook, 1981.
7. Labels-A Product Knowledge Book, National Business Forms Association, 1983.
8. Helmut Kipphan, Handbook of Print Media, 2001.
9. E. Pritchard, Labelling and Labelling Systems, Labels and Labelling, 1982.
10. D. Miles, Pre-adhesed Labeling, Labels & Labellings, 1981.
11. <https://barcode-labels.com/getting-started/labels/liners/> 12.8.2020.
12. https://en.wikipedia.org/wiki/Release_liner 12.8.2020.
13. Skrikant Athavale, Release coatings for Self Adhesive Tapes a review, Turkey Projects for Adhesive, 2019.
14. <https://www.labelplanet.co.uk/> 12.8.2020.
15. <https://www.hallylabels.com/label-services/understanding-labels/liner-types/> 12.8.2020.
16. <https://tombrowninc.com/blog/understanding-rubber-based-pressure-sensitive-adhesives-tape-products/> 14.8.2020.
17. <http://polymerdatabase.com/Adhesives/PSAs.html> 14.8.2020.
18. <https://www.chemsultants.com/ps-adhesive-information>, 14.8.2020.
19. <https://www.mddionline.com/news/fundamentals-selecting-pressure-sensitive-adhesives>, 14.8.2020.
20. Pressure-Sensitive Adhesives, Avery Dennison, 2011.
21. Tripathi, Devesh - Practical Guide to Polypropylene, 2002
22. Branka Lozo, Papir, Nastavni tekstovi, Zagreb 2014.
23. Ugra/Fogra media wedge cmyk v3.0 – Standard laypust, proskpekt 2008.
24. <https://www.xrite.com/categories/portable-spectrophotometers/exact-advanced>,20.8.2020
25. <https://www.durst-group.com/segment/label>, 20.8.2020

26. ***<https://epson.com/For-Work/Printers/Large-Format/Epson-SureColor-P5000-Standard-Edition-Printer/p/SCP5000SE>, 20.8.2020
27. ***<https://www.qea.com/products/image-analysis/pias-ii/>, 20.8.2020.
28. Avery Dennison, Fasson Verge Cream FSC, brošura, 2019.
29. Arconvert, OPP TC White Gloss 60, brošura, 2015.
30. Scandstick, cand Therm TSC, brošura
31. Efi, EFI Offset Proof paper 9200 semimatt, brošura
32. Igor Majnarić, Osnove digitalnog tiska, 2015.
33. Marija Kursan, Utjecaj ekstrudiranja na toplinske karakteristike polipropilena, Završni rad, 2010.
34. ***https://en.wikipedia.org/wiki/Inkjet_paper#:~:text=Glossy%20inkjet%20papers%20can%20be,%2C%20printmaking%2C%20and%20photographic%20papers 20.8.2020.

7. PRILOZI

7.1 Popis slika

Slika 1. Glavna podjela etiketa ovisno o materijalima od kojih se izvode.....	2
Slika 2. Obična papirna etiketa na pivskim bocama.....	3
Slika 3. Etiketa za transportnu kartonskukutiju.....	3
Slika 4. Nastajanje otiska na etiketi djelovanjem topline.....	5
Slika 5. Termalna samoljepljiva etiketa za označavanje hrane u trgovinama.....	5
Slika 6. In-mold etiketa na prehrambenoj ambalaži.....	6
Slika 7. Boca za sok sa temo-skupljajućom kukavnom etiketom.....	8
Slika 8. Shematski prikaz šesterobojne satelitske rotacije za tisak etiketa.....	9
Slika 9. Shematski prikaz jedne fleksotiskarske jedinice s aniloks valjkom i sustavom obojenja skomorom.....	10
Slika 10. Shematski prikaz jedne letterpressjedinice.....	11
Slika 11. Shematski prikaz jedne bakrotiskarske jedinice.....	11
Slika 12. Shematski prikaz jedne sitotiskarske jedinice koja radi principom rotacije....	12
Slika 13. Shema foliotiska vrućim preganjem.....	13
Slika 14. Shema principa etiketiranja konzervi.....	14
Slika 15. Čest tip nanašanja samoljepljivih etiketa.....	16
Slika 16. Otisak koda kontinuiranog binarnog inkjeta.....	18
Slika 17. Shema principa rada binarnog kontinuiranog.....	18
Slika 18. Osnovni slojevi samoljepljive etikete.....	19
Slika 19. Struktura Monomera Propilena.....	25
Slika 20. Polipropilen (PP) u sve tri forme; a) izotaktna, b) sindiotaktna i c) ataktn....	25
Slika 21. Shema izvršenog eksperimenta.....	36
Slika 22. Durst Tau 330 RSC tiskarski stroj.....	37
Slika 23. Epson SC-P5000 pisać.....	38
Slika 24. X-rite exact advanced spektrofotometar.....	39
Slika 25. Pias-II digitalni mikroskop.....	41
Slika 26. Kolorna razlika samoljepljivih podloga Avery Verge vreme FSC, OPP TC White Gloss 60 i ScandStick ScandTherm TCS.....	45
Slika 27. Standardni Ugra/Foga Media Wedge CMYK® V3.0 klin za probno otiskivanje.....	47

Slika 28. Odstupanje cijan otisaka otisnutih na samoljepljivim materijalima Avery, Polipropilem i Termoeco nastalih na tiskarskom stroju Durst Tau 330 RSC: a) 3D krivulja reprodukcije, b) CIE LAB ΔE , c) CIE LAB ΔL , d) CIE LAB ΔC	48
Slika 29. Odstupanje magenta otisaka otisnutih na samoljepljivim materijalima Avery, Polipropilem i Termoeco nastalih na tiskarskom stroju Durst Tau 330 RSC: a) 3D krivulja reprodukcije, b) CIE LAB ΔE , c) CIE LAB ΔL , d) CIE LAB ΔC	50
Slika 30. Odstupanje žutog otisaka otisnutih na samoljepljivim materijalima Avery, Polipropilem i Termoeco nastalih na tiskarskom stroju Durst Tau 330 RSC: a) 3D krivulja reprodukcije, b) CIE LAB ΔE , c) CIE LAB ΔL , d) CIE LAB ΔC	52
Slika 31. Odstupanje cijan otisaka otisnutih na samoljepljivim materijalima Avery, Polipropilem i Termoeco nastalih na tiskarskom stroju Durst Tau 330 RSC: a) 3D krivulja reprodukcije, b) CIE LAB ΔE , c) CIE LAB ΔL , d) CIE LAB ΔC	54
Slika 32. Krivulje reflektancije i fotografija klina u testu rezolucije na tiskovnoj podlozi Avery.....	56
Slika 33. Krivulje reflektancije i fotografija klina u testu rezolucije na tiskovnoj podlozi Polipropilen.....	58
Slika 34. Krivulje reflektancije i fotografija klina u testu rezolucije na tiskovnoj podlozi Termoeco.....	59
Slika 35. Krivulje reflektancije i fotografija klina u testu rezolucije na referentnoj tiskovnoj podlozi Fogra39 (EFI Offset Proof paper 9200 semimatt).....	61
Slika 36. Reproducirani klinovi u testu rezolucije na tiskovnim podlogama a) Fogra PDF b) Avery Verge vreme FSC c) OPP TC White Gloss 60 d) ScandStick ScandTherm TCS e) EFI Offset Proof paper 9200 semimatt.....	62
Slika 37. Reproducirani tekst različitih veličina na tiskovnoj podlozi Avery Verge vreme FSC a) pozitiv i b) negative.....	63
Slika 38. Reproducirani tekst različitih veličina na tiskovnoj podlozi OPP TC White Gloss 60 a) pozitiv i b) negativ.....	64
Slika 39. Reproducirani tekst različitih veličina na tiskovnoj podlozi ScandStick ScandTherm TCS a) pozitiv i b) negative.....	64
Slika 40. Reproducirani tekst različitih veličina na tiskovnoj podlozi EFI Offset Proof paper 9200 a) pozitiv i b) negative.....	65

7.2 Popis tablica

Tablica 1. Često korišteni lineri ocijenjeni na skali od od 1 do 10.....	21
Tablica 2. Komparacija osnovnih vrsta ljepila u izradi etiketa.....	24
Tablica 3. Komparacije svojstva polipropilena sa drugim tipičnim polimerima.....	27
Tablica 4. Komparacije svojstva polipropilena sa drugim tipičnim polimerima.....	28
Tablica 5. Komparacije različitih polimera na skali od 0 do 9.....	29
Tablica 6. Premazani papiri za ofsetni tisak i bakrotisak.....	33
Tablica 7. Nepremazani papiri za ofsetni tisak i bakrotisak.....	34
Tablica 8. Tehničke specifikacije Durst Tau 330 RSC stroja.....	38
Tablica 9. Tehničke specifikacije Epson SC-P5000 pisaća.....	39
Tablica 10. Tehničke specifikacije Xrite exact advanced spektrofotometra.....	40
Tablica 11. Tehničke specifikacije Pias-II digitalnog mikroskopa.....	41
Tablica 12. Specifikacije Avery Verge crème FSC tiskarske podloge.....	42
Tablica 13. Specifikacije OPP TC white gloss 60 tiskarske podloge.....	43
Tablica 14. Specifikacije ScandTherm TSC tiskarske podloge.....	43
Tablica 15. Specifikacije EFI Offset Proof paper 9200 semimatt.....	44
Tablica 16. Usporedba rezultata kolorimetrijskih mjerenja	67
Tablica 17. Usporedba rezultata testa rezolucije.....	67
Tablica 18. Usporedba rezultata testa reprodukcije teksta.....	67

Tablica 16. Usporedba rezultata kolorimetrijskih mjerenja

ΔE_{RTV}	Etiketni materijal		
	Avery Verge vreme FSC	OPP TC White Gloss	ScandStick ScandTherm TCS
$\Delta E_{Cijan10\%}$	8.38	3.17	3.71
$\Delta E_{Cijan20\%}$	8.38	3.99	4.39
$\Delta E_{Cijan40\%}$	8.65	5.11	5.46
$\Delta E_{Cijan70\%}$	4.92	3.69	4.38
$\Delta E_{Cijan100\%}$	5.35	1.43	1.32
ΔE_{Cijan_Sred}	7.14	3.48	3.85
$\Delta E_{Magenta10\%}$	6.02	1.22	3.23
$\Delta E_{Magenta20\%}$	4.76	0.82	2.63
$\Delta E_{Magenta40\%}$	4.85	3.59	1.37
$\Delta E_{Magenta70\%}$	5.02	4.91	5.12
$\Delta E_{Magenta100\%}$	10.43	6.47	7.35
$\Delta E_{Magenta_Sred}$	6.22	3.40	3.94
$\Delta E_{Žuta10\%}$	4.29	2.61	3.02
$\Delta E_{Žuta20\%}$	2.44	3.81	2.60
$\Delta E_{Žuta40\%}$	1.60	4.70	3.14
$\Delta E_{Žuta70\%}$	3.05	4.82	3.75
$\Delta E_{Žuta100\%}$	4.12	2.03	2.63
$\Delta E_{Žuta_Sred}$	3.10	3.60	3.03
$\Delta E_{Crna10\%}$	6.96	2.56	4.35
$\Delta E_{Crna20\%}$	6.89	2.72	5.01
$\Delta E_{Crna40\%}$	6.96	3.67	5.56
$\Delta E_{Crna60\%}$	7.48	5.08	5.85
$\Delta E_{Crna80\%}$	10.01	5.74	5.57
$\Delta E_{Crna100\%}$	13.53	4.36	3.70
ΔE_{Crna_Sred}	8.64	4.02	5.01

Tablica 17. Usporedba rezultata testa rezolucije

Razlika min. i max. reflektancije ΔR	Etiketni materijal		
	Avery Verge vreme FSC	OPP TC White Gloss	ScandStick ScandTherm TCS
$\Delta R_{(1 \times 1 \text{ px})}$	2.43	4.4	3.91
$\Delta R_{(2 \times 2 \text{ px})}$	2.96	7.33	5.78
$\Delta R_{(3 \times 3 \text{ px})}$	4.14	8.23	8.63
$\Delta R_{(4 \times 4 \text{ px})}$	7.32	10.01	9.15
ΔR_{Sred}	4.21	7.49	6.87

Tablica 18. Usporedba rezultata testa reprodukcije teksta

Najmanji čitljiv font (pt)	Etiketni materijal		
	Avery Verge vreme FSC	OPP TC White Gloss	ScandStick ScandTherm TCS
Pozitiv	3 pt	2 pt	2/3 pt
Negativ	4 pt	2 pt	3 pt

