

Svjetlosna postojanost wrap folija otisnutih u Inkjet-u

Lešić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:563587>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-16**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

ANA LEŠIĆ

**SVJETLOSNA POSTOJANOST WRAP
FOLIJA OTISNUTIH U INKJET-U**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Ana Lešić

Modul: Grafička tehnologija

DIPLOMSKI RAD

Svjetlosna postojanost wrap folija otisnutih u Inkjet-u

Mentor:

Doc. dr. sc. Igor Majnarić

Studentica:

Ana Lešić

ZAHVALA

Od srca se zahvaljujem profesoru doc.dr.sc. Igoru Majnariću na angažiranosti, uputama i savjetima, razgovorima i pristupačnošću kojima mi je uvelike pomogao u izvođenju i razumijevanju eksperimenta i pisanja ovog rada.

SAŽETAK

Digitalni tisak se zbog svoje jednostavne i brze promjene motiva sve više koristi kao tehnologija umnažanja. Digitalnim tiskom tako je moguće otiskivati različito velike naklade, različito velike formate, različite debljine tiskovnih podloga ali i doradivati raznim doradnim procesima. Inkjet tehnologija je tako postala jedna od najraširenije primjenjivanih tehnika umnažanja i otiskivanja u automobilske industriji (car wrapping = otiskivanje i obljepljivanje cijelog ili dijela vozila s otisnutom folijom). Otisnute automobilske Wrap folije su nakon postupka obljepljivanja podložne istim uvjetima kao i originalno obojeno vozilo: jakom suncu, visokim i niskim temperaturama, oborinama kao što su kiša, snijeg, tuča, česticama ili kukcima na koje vozilo nailazi pri vožnji i slično. Ovim diplomskim radom će se ispitati kako različiti tipovi Wrap folija (Orajet, 3M Scotchcal i 3M Controltac) i različiti tipovi Inkjet boje (UV sušuća i ekolosolventna Inkjet boja) utječu na postupak realnog reproduciranja kolora, odnosno kakva je postojanost u dužem vremenskom periodu. Pritom su otisci ubrzano stareni primjenom UV svjetlosti (ksenonska lampa u SolarBox komori) u vremenskim periodima od 0 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h, 96 h, 144 h i 240 h). Rezultati pokazuju da će najbolju postojanost imati 3M Scotchcal folija otisnuta UV sušućom Inkjet bojom ($\Delta E_{20\% RTV - žuta} = 0,46$), a najmanju Orajet folija otisnuta UV sušućom Inkjet bojom ($\Delta E_{20\% RTV - crna} = 3,03$).

KLJUČNE RIJEČI

oblaganje vozila u foliju, Inkjet tisak, UV sušuća Inkjet boja, ekolosolventna Inkjet boja

SUMMARY

Digital printing is, because of its simple and fast production of samples, more and more used as print multiplying technology. By using digital printing its possible to produce large editions, on different formats and variable tickness of printing surfaces but also do finishing processes. Inkjet technology has also became one of the most widespread printing technologies in car industry (car wrapping = printing and wrapping whole or a part of a vehicle in printed foil). Printed wrap foils are, after the wrapping process, exposed to the same conditions as lacquered vehicle: intensive sun, high an low temperatures, rainfall, snow, ice, particles or bugs that vehicle encounters while driving etc. In this paperwork different types of wrapping foils (Orajel, 3M Scotchcal and 3M Controltac) and different types of Inkjet inks (UV and solvent) are going to be tested. Its going to investigate how those different foils and inks influence the real reproduction of colored print, or, in other words, how their stability changes during large amount of time. The prints are artificialy aged by influence of UV light (xenon lamp in SolarBox aging chamber) in time period of 240 hours. The results show that the best stability has 3M Scotchcal foil and UV ink ($\Delta E_{20\% \text{ RTV - yellow}}=0,46$) and the worst stability Orajet foil and UV ink, ($\Delta E_{20\% \text{ - black}}=3,03$).

KEY WORDS

car wrap, foil, Inkjet printing, UV Inkjet ink, ecosolvent Inkjet ink

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. HIPOTEZA I CILJEVI RADA.....	3
3. OBLAGANJE VOZILA FOLIJOM - (CAR WRAPPING).....	4
3.1. Uvod.....	4
3.2. Materijali za oblaganje vozila.....	7
3.3. Postupak oblaganja vozila.....	14
4. PLAN RADA.....	26
4.1. Opis eksperimenta i mjerni uređaji.....	26
4.1.1. Spektrofotometar X-Rite DTP41.....	29
4.1.2. Spektrofotometar X-Rite eXact.....	31
4.1.3. Mikroskop Dino-Lite Pro.....	32
4.2. Korišteni materijali.....	33
4.2.1. Tiskovna podloga 3M Scotchcal.....	34
4.2.2. Tiskovna podloga 3M Controltac.....	34
4.2.3. Tiskovna podloga Orajet.....	35
4.3. Korišteni strojevi i uređaji.....	36
4.3.1. Tiskarski stroj Roland Versa UV LEC-300.....	36
4.3.2. Tiskarski stroj Roland Versa CAMM VS 540i.....	37
4.3.3. Komora za starenje Solar Box 1500 E.....	38
5. REZULTATI I DISKUSIJA.....	40
5.1. Gamuti reprodukcija.....	40
5.2. Rezultati kolornih promjena podloga za oblaganje.....	45
5.3. Rezultati promjena kolornih otisaka na Wrap folijama za oblaganje.....	46
6. ZAKLJUČAK.....	64
7. POPIS LITERATURE.....	67
8. PRILOZI.....	70

1. UVOD

Oblaganje vozila (eng. *car wrapping*) je tehnologija presvlačenja cijelog (ili jednog dijela dijela) vozila u neku vrstu folije. Takve folije mogu ostvariti zaštitnu ali i dekorativnu funkciju (s otiskom ili bez njega te različito formiranom površinskom strukturom). One mogu biti višeslojne (laminati), koje se tvornički adhezivnim slojem vežu za noseći papirnati sloj. Naknadno, pri procesu *wrappinga*, papir se odvaja te se folija istim slojem veže za lakiranu površinu vozila. Pri ovom procesu koriste se različiti alati kojima se folije lociraju na željeno mjesto te izlažu izvorima vrućeg zraka definirane temperature. Pomoću vrućeg zraka i mehaničkim pritiskom folije konačno prijanjaju uz površinu i postaju novi sloj karoserije vozila sve do željenog trenutka odstranjivanja folije. Ovakvi procesi su jeftiniji, ali i pružaju puno širi spektar mogućnosti od klasične metode lakiranja, te su kao takvi brzo postali popularni u primjeni na sva cestovna, zračna i pomorska vozila.

Ove folije primjenjuju se i u slučajevima ekstremnih uvjeta (kao što je sunčeva svjetlost i razna zračenja, visoke i niske temperature, kiša, snijeg i razne ostale čestice na kakve vozila nailaze pri velikim brzinama vožnje). Zbog toga moraju biti iznimno otporne i izdržati što dulji period na vozilu (vrijeme od nekoliko godina). Prvi uspješni projekt oblaganja cijelog vozila se dogodio u Velikoj Britaniji na taxi vozilu. Tvrtka „Kay Premium Marking Films“ je prva predstavila ideju *car wrappinga*. Ovaj trend i sam početak ove zanimljive industrije je započeo 1990-ih ugovorom s njemačkim taksijima. [1] Danas je na svijetu mnoštvo proizvođača različitih tipova folija te se tehnologija konstantno unaprjeđuje kako bi se sam proces što više ubrzao i pojednostavio. Tako su današnje folije sve kvalitetnije i dugotrajnije čime se svaka želja vlasnika vozila može uspješno ostvariti. Osim estetske, folije imaju i važnu funkcionalnu ulogu, a to je zaštita originalne površine automobila od većine mehaničkih oštećenja. Također, koriste se za promjenu vanjske boje vozila, uz dodatni efekt mogućeg oglašavanja. Povezivanjem tehnologije wrapiranja s tiskom mogućnosti su neograničene, posebice otkad se za tisak folija koristi visokokvalitetna Inkjet tehnologija.

Kada je riječ o suvremenim tehnikama tiska, Inkjet spada u jednu od najjednostavnijih. Boja u tekućem agregatnom stanju se tako beskontaktno nanosi na tiskovnu podlogu po principu nanašanja sitnih kapljica (volumena od samo nekoliko pikolitara). U novije

vrijeme je moguće postići i bolju kvalitetu pri čemu se volumen kapljica smanjuje što omogućava formiranje nano premaza. Spremnici boje su uvijek hermetički zatvoreni, čime je omogućeno kombiniranje velikog broja tekućih komponenti bez neželjenih kontaminacija. To otvara područje tiska funkcionalnih organskih stanica, formuliranja novih lijekova i tiska poluvodiča.

Inkjet tehnologiju prema načinu rada moguće je podijeliti na kontinuirani Inkjet (binarno skretanje, višestruko skretanje, Hertz i Microdot) i Inkjet na principu kapanja na zahtjev (*drop on demand Inkjet*- termalni, piezoelektrični, elektrostatski, akustični).

Kontinuirani Inkjet karakterizira otiskivanje tiskovne podloge sa najsitnijim kapljicama brzosušeće boje, a pojam kontinuirani podrazumijeva neprekidno cirkuliranje jedne te iste boje kroz ispisnu mlaznicu. Inkjet pisači bazirani na metodama kapanja na zahtjev sadrže ispisne glave s većim brojem mlaznica koje izbacuju kapljice boje u momentu kad je to potrebno. Tekuća Inkjet boja koja je niskog viskoziteta izbacuje se primjenom termalnih, piezoelektričnih, elektrostatskih i ultrazvučnih aktivatora koji su locirani u ispisnoj glavi.

Ova tehnika našla je primjenu ne samo u grafičkoj industriji, već i u raznim industrijskim granama. Inkjet tehnika otiskivanja tako je pronašla primjenu i za kućni ispis fotografija, ispisivanje u boji u fotokopirnim strojevima, otiskivanje tiskovnih formi za ofsetni tisak, tisak na tekstil, 3D tisak. [2]

2. HIPOTEZA I CILJEVI RADA

Različita svojstva tiskarske boje i tiskovne podloge direktno utječu na formiranje kolornog otiska, čime se postavljaju sljedeće hipoteze. Prva hipoteza je da će UV Inkjet boja biti otpornija na uvjete starenja od solventne (zbog većeg ostvarenog nanosa). Glavni razlog ovakve hipoteze je proces sušenja Inkjet boje nakon otiskivanja. UV sušeća boja suši pod utjecajem ultraljubičastog dijela spektra elektromagnetnog zračenja, tj. polimerizacijom. Takvim principom sušenja nastaje čvrst sloj boje, jako dobro povezan kemijskim vezama koji bi trebao biti otporniji od solventnog otiska. Ekosolventna boja suši isparavanjem otapala iz tekuće Inkjet boje te se uslijed sušenja debljina sloja boje smanjuje. Kako su veze među komponentama u bojilu slabije od onih u UV sušećem bojilu, očekuje se da će solventno bojilo biti manje otporno.

Druga hipoteza je da su tanje folije (Orajet) manje izdržljive, dok će se deblje (3M) folije bolje ponašati u dužem vremenskom periodu. Deblje folije su čvršće, što doprinosi kvaliteti i mehaničkoj otpornosti folije.

Treća hipoteza je da će kombinacija UV bojila i jedne od dvije 3M folije dati optimalne rezultate. Ova hipoteza je rezultat činjenice da su folije nekog proizvođača (3M) više kvalitetne s pretpostavkom, koja će se kroz ispitivanje pokušati dokazati, da je UV sušeća Inkjet boja otpornija od solventne.

Prvi cilj istraživanja je utvrditi kako i koliko se svaka od tri različite vrste folija mijenja pri ubrzanom starenju. Bez obzira koja se folija pokaže najotpornijom, a koja najmanje otpornom, bit će važno utvrditi mijenjaju li se kolorimetrijska svojstva tih tiskovnih podloga kroz period od ukupno 240 sati ($t=0$ h, $t=6$ h, $t=12$ h, $t=24$ h, $t=48$ h, $t=96$ h, $t=144$ h, $t=240$ h). Simulirano starenje tako će se provoditi u 8 ciklusa uz detekciju kolornih promjena koje nastaju.

Drugi cilj je utvrditi koliko se mijenjaju otisci bojila za *outdoor* apliciranje (UV i Ekosolventna Inkjet boja). Iako se pretpostavlja da će UV sušeća Inkjet boja biti otpornija, očekivano je da će se određene kolorne promjene dogoditi. Također je bitno utvrditi koja kolorna komponenta procesnih CMYK boja se najviše, a koja najmanje promijenila.

Treći cilj je utvrditi jesu li za smanjenje obojenja zaslužne promjene same folije ili komponenti u boji. Ovaj cilj će se objasniti usporedbom kolorimetrijskih promjena na samoj površini folija bez otiska s mjerenim promjenama kolornih otisaka obje Inkjet boje na sve tri korištene tiskovne podloge.

3. OBLAGANJE VOZILA FOLIJOM - (CAR WRAPPING)

3.1. Uvod

Ideja Wraapa omogućila je jednostavnu i brzu promjenu izgleda vozila ili isticanja posebne informacije na vozilu. Time je ista prepoznata i kao pogodna metoda u području uređenja interijera, poslovnih i stambenih prostora. Obljepljivanje vozila ima privremenu namjenu i nije predviđeno da traje vječno. Kod općeg obljepljivanja vozila zaštita originalnog laka nije argument, ali je jedna pozitivna nuspojava. Za pravu zaštitu laka upotrebljavaju se prikladne (najčešće poliuretanske) folije.

Općenito, mogućnosti koje obljepljivanje nudi su: proširenje paleta boja (ukoliko paleta proizvođača automobila ne pokriva željenu nijansu), povećanje vrijednosti rabljenih vozila; marketinška individualizacija (obljepljivanje vozila je najpovoljnije rješenje za isticanje). Tome služe otisnute folije u tehnici Inkjet tiska. [3]

Pri oblaganju vozila, Wrap tehnika je zadovoljila potrebe svih vrsta transportnih vozila (cestovnih, zračnih letjelica i morskih plovila). Oblaganje vlakova i gradskih tramvaja jedan je od najisplativijih načina reklamiranja. To su reklame koje traju godinama i vizualno su vrlo uočljive (a svakodnevno prolaze kilometre, izlažući informacije velikom broju ljudi).



Slika 1. Primjer vlaka obloženog u otisnutu foliju

izvor: <http://www.lvmonorail.com/advertising/>

Oblaganje aviona, helikoptera i drugih letjelica omogućuje izvedbu puno kompleksnijih grafika. Pritom se misli na kolorne reklame, fotografije ili ilustracije, koje se teško izvode lakiranjem klasičnim zračnim kistom (*air brush*). Posebna prednost Wraapa ispred lakiranja *air brush-om* je otprilike dvostruko manja masa nanesenog sloja, što je bitna stavka na zračnim letjelicama. Osim mase, bitna je i površinska obrada. Mikrostruktura folije mnogo je podatnija kod folija što omogućuje lakše kretanje letjelice kroz zrak, (bitno povećava brzinu kretanja letjelice, a samim time smanjuje potrošnju goriva). Ova činjenica je posebno bitna za zračne letjelice koje se velikim brzinama kreću kroz zrak. Folije koje se koriste za oblaganje letjelica trebale bi izdržavati velike udare zraka, ekstremne temperature i možda najbitnije, nagle promjene u klimatskim uvjetima.



Slika 2. Primjer aviona obloženog u otisnutu foliju

izvor: <http://adgraphics.us/products/aircraft-graphics/>

Plovila su također pogodna za metodu oblaganja folijom. Ova prometna sredstva izložena su svim fizikalno-kemijskim utjecajima vode, pri čemu folija može biti iznimno koristan površinski sloj koji štiti plovilo od korozije i nakupljanja vodenih biljaka i raznih čestica koje obično prijanjaju uz plovilo tijekom plovidbe. Također, Wrap kao metoda bržeg i jeftinijeg oslikavanja plovila je jako isplativa tehnika ukrašavanja ekskluzivnih privatnih i poslovnih plovila. Mnogi vlasnici jahti i jedrilica pritom izabiru sjajnu *chrome* foliju, čime u potpunosti mijenjaju estetiku vozila.

Pri proračunu i izradi grafike te aplikaciji folije bitan je i tip vozila i plovila. Na vozilima se radi s manjim komadima te se folija može podijeliti na više dijelova. Razlog tomu je postojanje većeg broja vrata, prozora i drugih dijelova koji su površinom mali. Kod plovila to nije slučaj, jer se radi uglavnom o jednom većem komadu koji iziskuje puno više strpljenja prilikom lijepljenja i veći broj radnika. Mnogi brodovi dodatno imaju ekstremno formirane krivulje koje ne prate samo liniju lijevo i desno nego i od vrha do dna. To uzrokuje jako komplicirane izračune kod projektiranja i izvođenja posla s Wrap folijom. [4]



Slika 3. Primjer plovila obloženog u otisnutu foliju

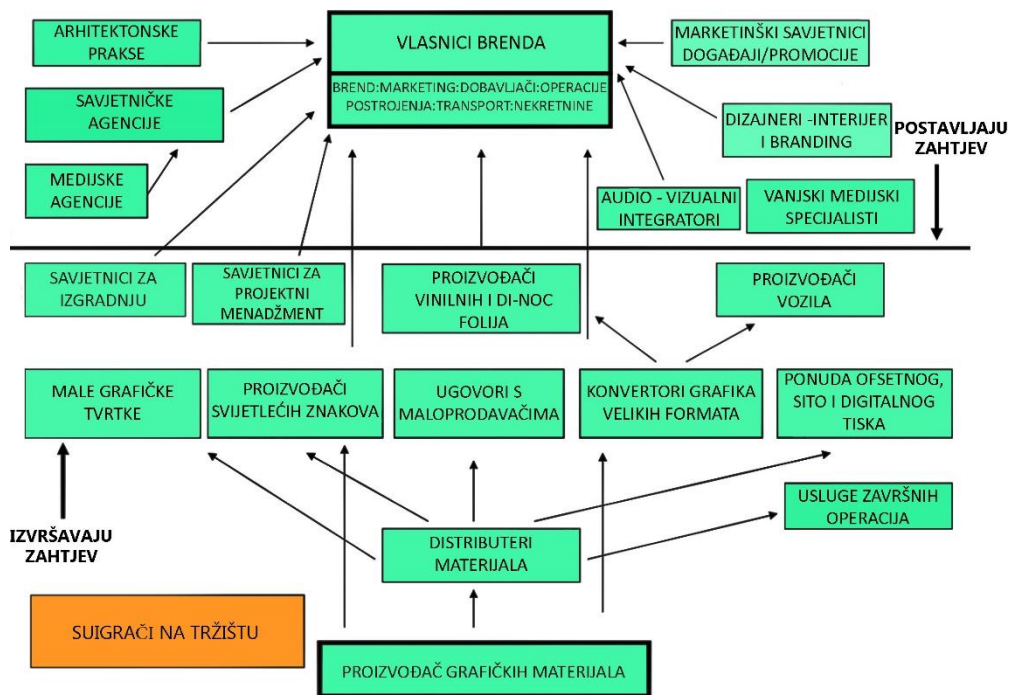
izvor: <http://www.printstudio.hr/obljepljivanje-plovila-p72>

3.2. Materijali za oblaganje vozila

Pri odabiru materijala i njihovoj primjeni odlučuje niz procesa i faktora kvalitete. Naravno to ovisi i o izvedbi konačnog proizvoda. U proces odlučivanja su uključene dvije strane. One koje postavljaju zahtjeve i one koji odgovaraju na te zahtjeve.

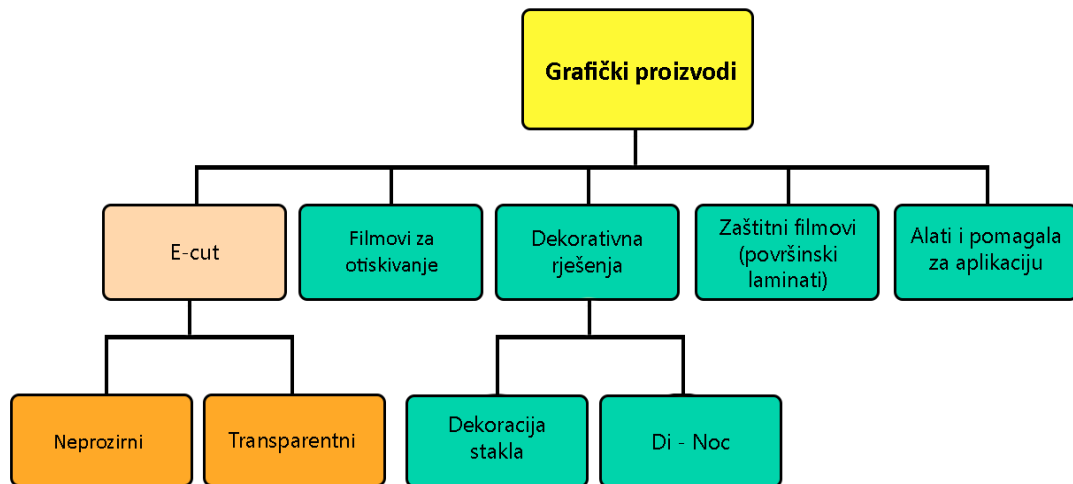
Vlasnici brendova su osobe koje žele prodati grafički proizvod te moraju imati širi krug suradnika koji će im pomoći pri realizaciji želja. Sve marketinške agencije, dizajneri, savjetnici i stručnjaci odrađuju idejni dio posla, te su istovremeno i dio sustava koji postavlja zahtjeve, odnosno određuju kakav proizvod je potreban tržištu u određenom trenutku.

Drugi dio sustava su proizvođači grafičkih materijala i tehnologije koja će osigurati kvalitetnu izvedbu grafičkog proizvoda. Ako se radi o folijama za oblaganje vozila, tu su uključeni i proizvođači folija, vozila, tiskare, distributeri tiskarskih tehnologija, pa sve do malih prodavača koji su direktna dodirna točka između proizvođača i vlasnika brenda. Na slici 4 prikazana je shema povezanosti svih čimbenika na tržištu vezanih za odabir pogodnog materijala i tiskarske tehnologije za proizvodnju željenog proizvoda, (folije za *car wrapping*).



Slika 4. Povezanost čimbenika pri realizaciji obloženog vozila

Postupak oblaganja izvodi se samo na krutim podlogama. Pritom sastav podloge igra presudnu ulogu tijekom vezivanja sa folijom. Stoga razni tipovi grafičkih proizvoda realiziraju se samo izrezivanjem i lijepljenjem folije ili otiskivanjem i lijepljenjem folije. U iznimnim slučajevima folija može imati i zaštitnu funkciju.



Slika 5. Vrste folija i materijali namijenjeni komercijalnoj uporabi

Tijekom devedesetih godina prošlog stoljeća dogodila se revolucija u upotrebi folija. Razlog tome su mogućnost personaliziranog ispisa po prihvatljivoj cijeni, razvoj visoko produktivnih rezača folija i Inkjet pisaa koji koriste Inkjet boje otporne na vanjske utjecaje te razvoj funkcionalnih samoljepljivih folija.

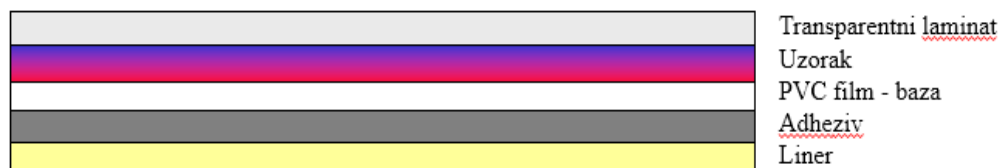
Pri manipulaciji folijama vrlo je bitno njihovo izrezivanje. Današnje korištenje nemoguće je zamisliti bez strojeva za rezanje koji koriste specijalno razvijene noževe. Za takve strojeve posebno je razvijena *e-cut* folija. Termin *e-cut* se odnosi na „elektroničko“ rezanje folije – nožem kojim upravlja računalo, u svrhu dobivanja precizno izrezanih različitih oblika.

E-cut folije mogu se podijeliti na netransparentne (*opaque*) i transparentne (*translucent*) folije. Za *e-cut* je namijenjena većina lijevanih transparentnih i netransparentnih folija premium kvalitete. Momentalno se za potrebe oblaganja koriste različito obojene folije.

Česta podjela je po kvaliteti folije. Ovdje spadaju: *premium* folije (najbolje kvalitete), *intermediate* folije (srednje kvalitete) te folije za promotivnu upotrebu (*promotional*).

Za otiskivanje Inkjet tehnologijom koriste se neprozirne folije za premium kvalitetu, dok se za srednju i nisku kvalitetu (srednje kvalitetne i promotivne folije) koriste valjane folije. U sitotisku se također koriste folije za najbolju kvalitetu (neprozirne *opaque* folije), odnosno valjane folije za srednju kvalitetu. [5]

Posebna kategorija su folije za dekoraciju interijera i specijalne folije za staklene površine. Tipičan predstavnik takvih folija su Di-Noc folije (najčešće primjenjivanje u arhitekturi, za oblikovanje zidova) (slika 6).



Slika 6. Osnovna konstrukcija Di-Noc folije

Svi slojevi takve dekorativne folije slične su debljine te je i nanos ljepila slične debljine kao podložni *liner* i vršni laminat. Vršni laminatni slojevi obično se koriste u slučaju dodatnog otiskivanja kako bi se fiksirala otisnuta boja.

Na tržištu najpopularniji proizvođači Wrap folija trenutno su: 3M, Grafityp, APA, Avery Dennison i Arlon. Osim standardnih sjajnih folija (bijela i u boji) oni proizvode i mat i kromirane folije.

Mat folije se ističu svojim vanjskim slojem bez izraženog sjaja koje se primjenjuju uglavnom na automobilima, dok su chrome folije su izrazito sjajne i zrcalne, te se najčešće apliciraju na sportskim automobilima i brzim plovilima.

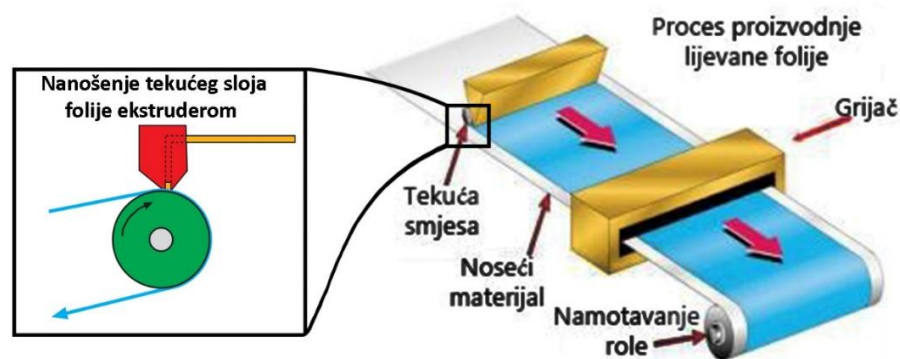
Prema načinu proizvodnje i željenim zahtjevima, Wrap folije se mogu podijeliti u više skupina. Tako u praksi postoje i podjela prema sastavu, odnosno broju materijala od kojih je folija napravljena. Tako postoje lijevane (*cast*) folije najčešće izrađene od vinila te valjane (*calendered*) folije najčešće izrađene od PVC-a.

Oba ova polimera mogu se obrađivati s različitom prozirnošću te postoji i specijalna kategorija pokrivnih folija. One nisu definirane načinom proizvodnje nego prozirnošću u dva stupnja: a) netransparentne folije (najčešće namijenjene nanošenju boje) i b) *translucent* folije (polutransparentne folije za posebne primjene).

Proizvodnja folije za oblaganje

Lijevane - *cast* folije se smatraju industrijskim premium proizvodom. Ove folije se proizvode tako da se svi sastojci izmiješaju zajedno te u tekućem agregatnom stanju izliju na noseću podlogu (papir). Ovim procesom proizvodi se film debljine 1-2 mm.

Lijevanjem na podlogu, film ostaje u mekom, opuštenom stanju čime se dobiva izdržljiv, fleksibilan, prilagodljiv i dimenzionalno stabilan film, koji također dobro zadržava Inkjet boju. Ovakve folije su idealne za omatanje kompleksnih površina kao što su one na vozilima, gdje se očekuje gladak završni izgled.

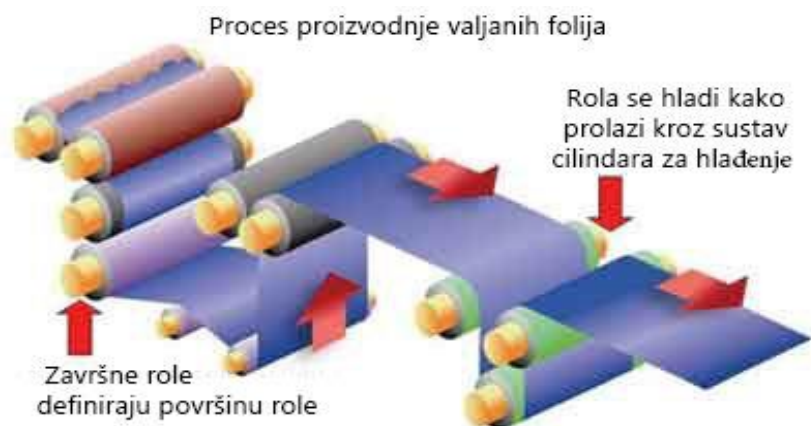


Slika 7. Proces proizvodnje lijevane folije na bazi vinila

izvor: <http://www.tekra.com/resources/tek-tip-white-paper/tek-tip-cast-vs-calendered-vinyl>

Valjane folije za oblaganje često se nazivaju folijama srednje do kratke trajnosti. Proces proizvodnje počinje nanašanjem rastaljene smjese kroz kalup nakon čega se smjesa provlači kroz niz valjaka za kalandriranje. Valjanjem i istezanjem proizvode se deblji slojevi folije (uglavnom 3-4 mm debljine) ujednačenih svojstava. Time se dobiva nešto manje dimenzionalno stabilna i manje prilagodljiva folija za oblaganje koja će prilikom izlaganja toplini, imati tendenciju skupljanja.

Međutim, ovakve folije za oblaganje su jeftinije ali i više otporne na grebanje. Njihova veća masa omogućuje im lakše rukovanje od lijevanih folija, te su ove folije pogodnije za obljepljivanje ravnih i manje zakrivljenih podloga. [6]



Slika 8. Proces proizvodnje vinilne valjane folije

izvor: <http://www.tekra.com/resources/tek-tip-white-paper/tek-tip-cast-vs-calendered-vinyl>

Ljepilo kod folija za oblaganje

Tipična Wrap folija za oblaganje je presvučena slojem ljepila na bazi otapala, osjetljivog na pritisak. (Aktivira se tek jačim kontaktom rakela). Ljepila korištena na Wrap folijama su formulirana tako da pri radu ostanu privremeno zalijepljena na zaobljenim mjestima čime se ostavlja mogućnost manipulacije do konačnog fiksiranja (lagana instalacija).

Na trenutnom tržištu ljepila osjetljivog na pritisak, neka ljepila su sivo obojena, bijela ili prozirna. Siva i bijela ljepila blokiraju vidljivost lijepljene podloge, a folije s prozirnim ljepilom se preporučuje za rad samo na bijelo obojenim podlogama. [7]

Tehnički gledano postoje različite vrste ljepila koja se danas koriste. Najčešće su to:

- ljepilo aktivirano jačim pritiskom i toplinom (PA – *Pressure-Activated Adhesive*)
- ljepilo aktivirano jakim pritiskom
- ljepilo aktivirano i malim pritiskom (PSA – *Pressure Sensitive Adhesive*)

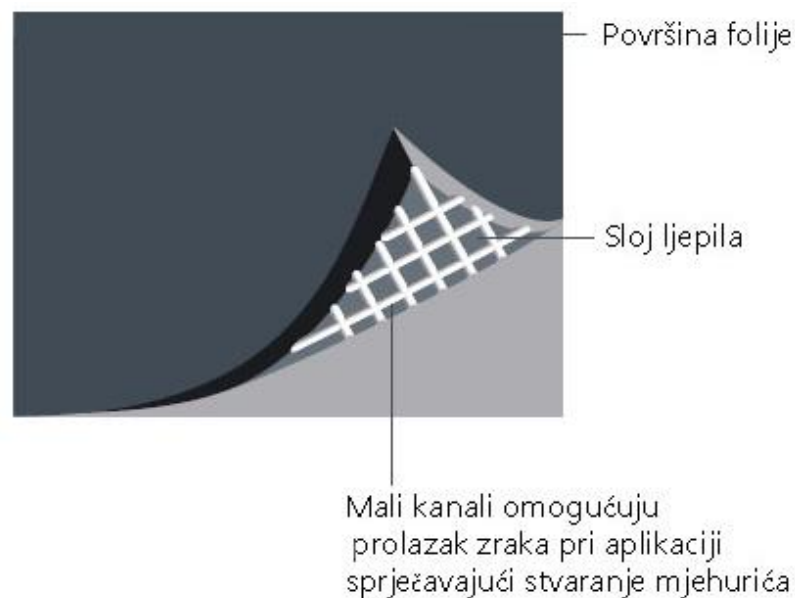
Ljepilo aktivirano jačim pritiskom i toplinom (PA – *Pressure-Activated Adhesive*) je sloj ljepila koji omogućuje foliji nesmetano klizanje po površini vozila, premještanje i pozicioniranje sve do jačeg pritiska ruke ili rakela. Pritom se aktivira ljepilo i folija se fiksira za podlogu. Konačno prianjanje folije se ostvaruje zagrijavanjem folije na temperaturi većoj od 38°C, nakon čega se folija trajno fiksira.

Ljepilo aktivirano jakim pritiskom omogućuje folija klizi po podlozi do jačeg pritiska, nakon čega je čvrsto vezana za podlogu i ne može se repositionirati bez oštećenja.

Ljepilo aktivirano i malim pritiskom (PSA – Pressure Sensitive Adhesive) omogućuje da se folija najslabijim pritiskom čvrsto veže za podlogu i ne može se ponovno pozicionirati bez deformacije folije.

U nekim od ovih adhezivnih slojeva moguće je pronaći i tehnologija sa zračnim kanalima (*Comply Adhesive*). To su zapravo zračni kanali kroz koje se istiskuje zrak tijekom oblaganja kako bi se uklonili i najmanji mjehurići zraka.

Ova tehnologija riješila je problem koji bi inače zahtijevao odljepljivanje dijela folije i ponovno lijepljenje, što bi u nekim slučajevima uzrokovalo deformaciju folije nakon čega bi ona postala neupotrebljiva. [8]



Slika 9. Comply tehnologija izrade ljepljivog sloja sa zračnim kanalima

izvor: <http://allegro.pl/fofia-3m-carbon-czarny-3d-di-noc-ca-421-karbon-i5843531765.html>

Noseći sloj folija za oblaganje

Noseći sloj folija za oblaganje izrađen je od papira. Ponekad je noseći papirni sloj premazan dodatnim slojem polietilena (s jedne ili obje strane) te dodatno oslojen silikonom sa strane kojom ljepilo na foliji prijanja uz njega.

Tijekom postupka oblaganja noseći papir se s folije skida dio po dio kako se veće površine folije ne bi lijepile bez kontrole za površinu vozila. Određene folije imaju takve adhezivne slojeve koji onemogućuju jače prijanjanje folije bez dodatnog pritiska, te se u takvim slučajevima noseći papir skida što omogućuje lakše pozicioniranje.

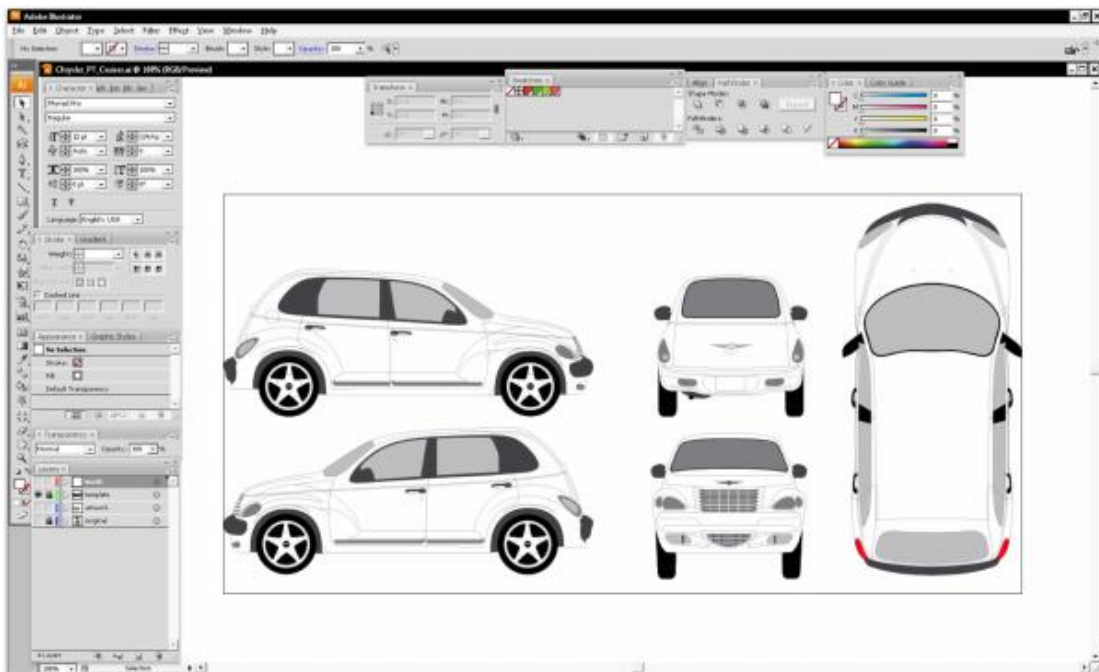
Noseći slojevi mogu biti i folije. To su transparentne, elastične „ostakljene“ folije otporne na prodiranje zraka i masti. Međutim one također posjeduju sloj silikona nanesenog s jedne strane.

3.3. Postupak oblaganja vozila

Priprema podloge za oblaganje

Prije procesa oblaganja, potrebno je doznati sve detalje o podlozi. To su: dimenzije vozila, informacije o oštećenjima, zadnjem lakiranju, prethodnom održavanju te sve želje vlasnika vezane za postupak. Nakon prikupljenih informacija, željena grafika ili fotografija se priprema za tisak. To se izvodi u standardnim programima za grafičku pripremu (Adobe Illustrator, CorelDraw i sl.). Za najbolji dojam o konačnoj izvedbi, u istim programima dobro je napraviti simulaciju. Pritom se će provjeriti proporcionalnost (stvarne dimenzije otiska, folije i vozila). Većinu modela automobila moguće je naći na internetskim stranicama u vektorskim oblicima (nacrt, tlocrt i bokocrt). Ovaj korak može riješiti mnoge eventualne probleme do kojih bi došlo tek u procesu oblaganja ili na kraju cijelog procesa. [9]

Bitno je, također, biti upoznat sa stanjem vozila. Svježe lakirana vozila se ne smije oblagati minimalno 3 do 4 tjedna od izvršavanja faze lakiranja. Također, sve ogrebotine, udubljenja, zahrđani dijelovi i ostala oštećenja mogu usporiti i otežati rad, ako nisu primijećena i sanirana prije početka oblaganja.



Slika 10. Model vozila na koji će se obložiti otisnutom Wrap folijom u programu Adobe Illustrator



Slika 11. Predodžba dizajna nakon montirane grafike na vozilu

izvor: <https://www.sunrisesigns.com/our-blog/bid/23257/Vehicle-Wrap-Design-in-5-Easy-Steps>

Alati za fiksiranje folije za oblaganje

Da bi se ostvarilo besprijekorno fiksiranje folije za oblaganje vozila, potrebno je usavršiti tehniku ručnog nanašanja. Stoga za to radnici trebaju biti certificirani, odnosno završiti odgovarajuću edukaciju. Pritom se koriste specijalna pomagala i alati. To su:

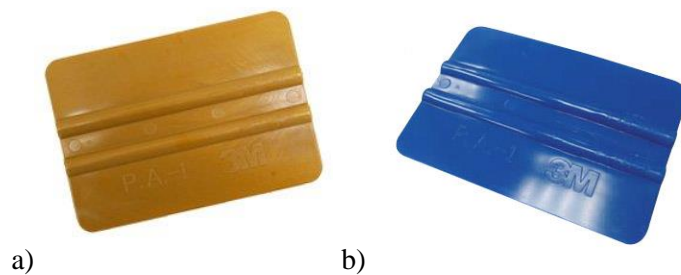
- ljepljiva traka (za pričvršćivanje folije s nosećim slojem za površinu vozila),
- zlatni ili plavi rakel
- papir za umotavanje rakela, (za potrebu lakšeg klizanja rakela po foliji)
- igla (za bušenje mjehurića zraka)
- četkica (kojom se folija pritišće kako bi prionula uz rakelom nedostupne uske površine)
- *Primer*
- prozirno ljepilo (*Edge sealer*) (posebno namijenjeno fiksiranju kuteva folije u problematičnim uglovima i udubljenjima, nanosi se kistom)

- nožić ili skalpel sa sigurnosnom drškom
- industrijski fen s vrućim zrakom
- pamučne rukavice (sprječavaju kontakt folije s masnoćom i prašinom) [8]

Rakel je alat kojim se ostvaruje pritisak i istovremeno istiskuje zrak ispod folije. Zlatni rakel je tvrdi od plavog i ostvaruje maksimalni pritisak. Mekši, plavi rakel se koristi kada je potrebno da rakel bude fleksibilniji i lakše prianja uz udubljenja i neravnine.

Primerom se osigurava adhezivnost površine i folije prije apliciranja folije (primer se nanosi aplikatorom ili kistom u jako tankom sloju)

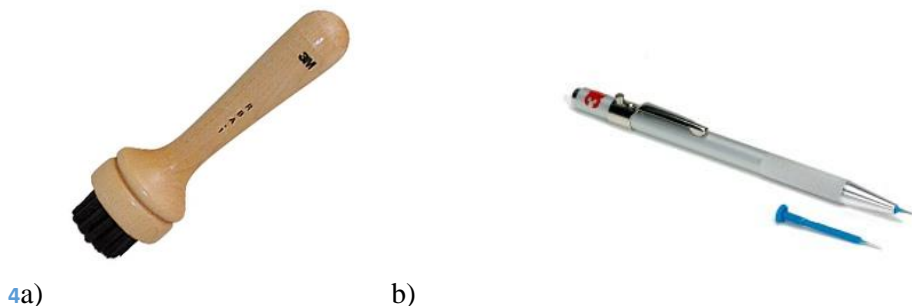
Industrijski fen mora biti u mogućnosti postići temperaturu zraka od oko 260° do 399°C, uz koji se ponekad koristi i termometar koji mjeri temperaturu precizno u zadanoj točki.



Slika 12. Alati za fiksiranje folije za oblaganje: a) zlatni i b) plavi rakel

izvori: <http://www.otsdijital.com/tr/urunler/3m-5>

<http://www.sirvisual.it/spatole-rulli/3m-spatola-pa1-blu!0-2838>



Slika 13. Alati za fiksiranje i korekciju: a) četkica za lakše fiksiranje folije u uskim i udubljenim površinama i b) igla za bušenje mjehurića zraka

<http://www.stewartsigns.co.uk/application-tools-accessories/3m-rivet-brush/>

<http://3mcollision.com/3m-air-release-tool-71608.html>



Slika 14. Vezivna sredstva za obljepljivanje folijom: a) Primer – povećava adhezivnost podloge za foliju i b) Edge sealer - ljepilo za kutove

http://store.decorfilms.com.au/3M%20DI-NOC?product_id=226

<http://www.specialty-graphics.com/3m-edge-sealer-3950-8oz.html>

Čišćenje podloge vozila

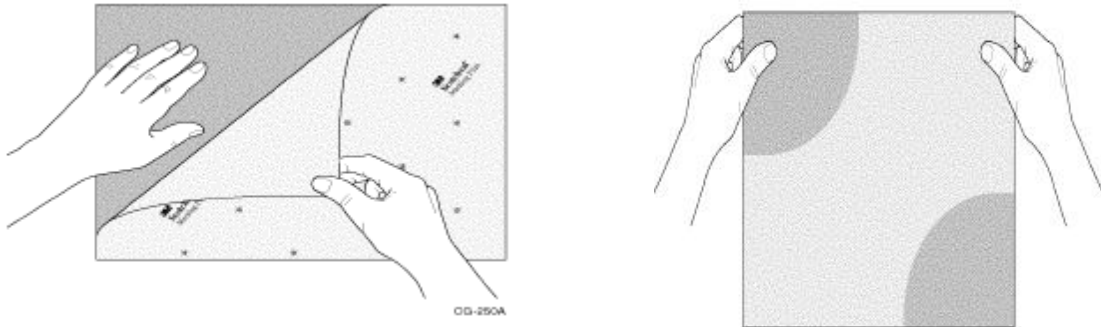
Prije početka oblaganja potrebno je dobro očistiti sve površine vodom i sapunom. Bitno je da se uklone prethodno korištena sredstva za čišćenje vozila ili stakala na bazi voskova, jer bi oni mogli onemogućiti ili otežati prijanjanje folije. Ukoliko postoje ogrebotine, oštećenja ili udubljenja, potrebno ih je označiti i upozoriti vlasnika na njih. Oštećeni lak se prilikom skidanja folije može još više oštetiti, i za to je potrebno osigurati vlastiti rad i ograditi se od starih oštećenja.

Kako bi se folija lakše aplicirala sve vanjske dijelove (retrovizore, kvake, svjetla) je potrebno skinuti, odnosno odvojiti i vratiti na kraju obavljenog posla. Ukoliko su na vozilu prije aplicirane grafike ili ljepila, potrebno ih je u potpunosti ukloniti.

Posebnu pozornost potrebno je obratiti na jako zakrivljena područja, gdje se folija prvo odvaja (zbog velike napetosti). Na ovakvim područjima se preporučuje koristiti adekvatan *primer*. Kako bi se oblaganje sigurno i uspješno izvelo, temperatura folije treba se kontrolirano održavati i ne smije prelaziti raspon od 15° do 25°C. [10]

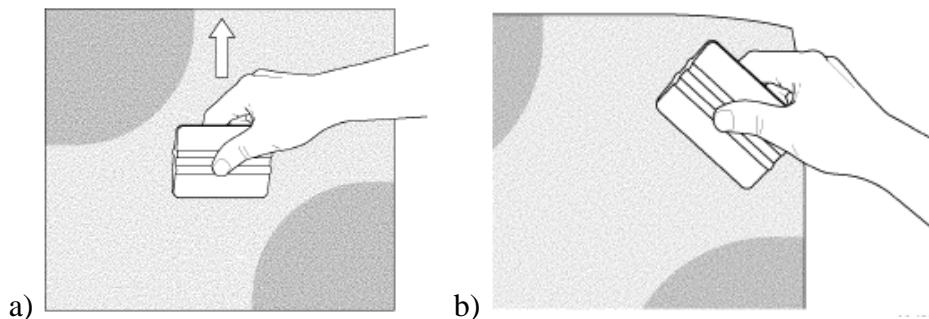
Fiksiranje folije na podlogu

Otisnuta folija se nakon čišćenja i pripreme vozila treba pozicionirati na pripadajuće mjesto. Nakon što se samo dio folije zalijepi, potrebno je skrojiti foliju tako da se višak reže skalpelom ili nožićem. Aplikacija na ravne površine podrazumijeva pozicioniranje komada folije na prikladno mjesto na vozilu. Skidanjem nosećeg papira, folija se može zaljepiti u nekoliko točaka prije fiksiranja.



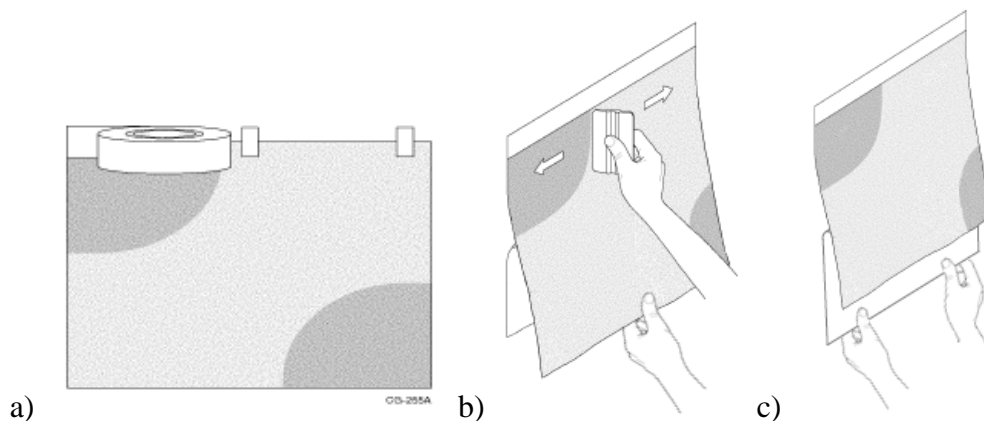
Slika 15. Pozicioniranje folije na ravnoj površini

Konačno fiksiranje se postiže pritiskom rakelom, prvo na centar komada folije te onda prema rubnim dijelovima wrapiranog objekta.



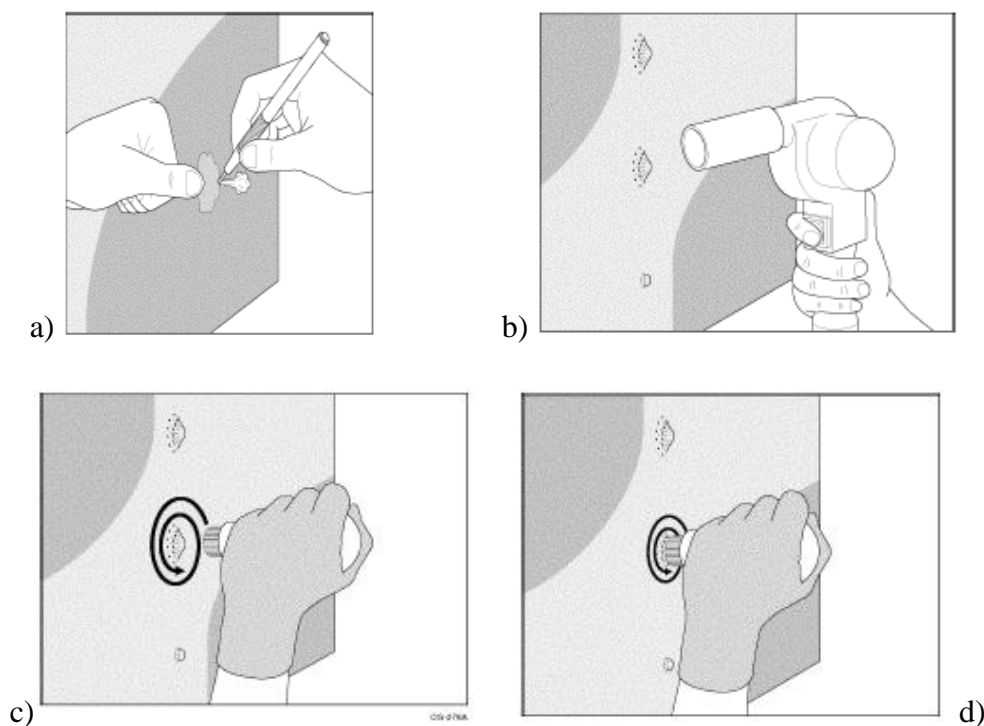
Slika 16. Konačno fiksiranje folije: a) prvo centar, nakon toga b) rubovi

Ukoliko je komad folije velike dimenzije za njeno nanašanje odjednom (bez nosećeg papira), na površinu vozila morat će se fiksirati samo dio folije. U tom slučaju pomaže ljepljiva traka. Nakon što je jedan rubni dio fiksiran, ostatak (ili potreban dio) nosećeg papira se može segmentno (po 10 cm širine) ukloniti i dalje fiksirati dio po dio.



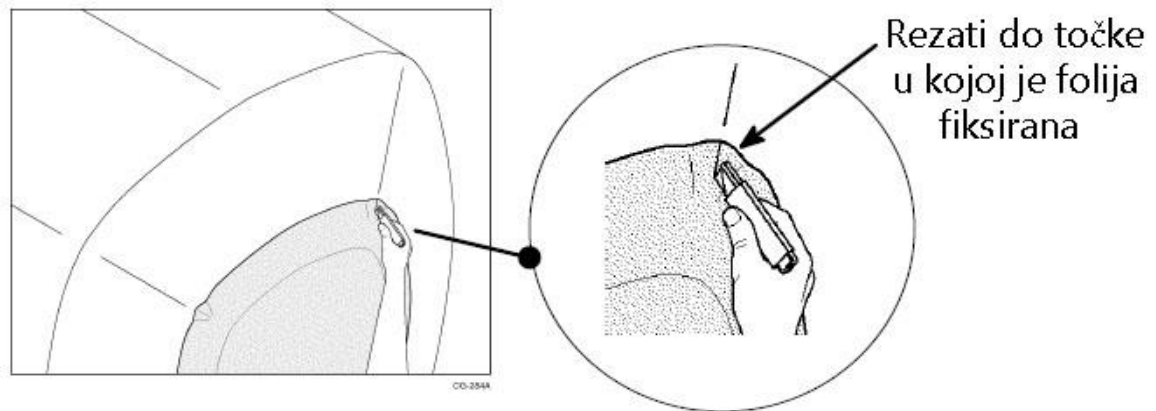
Slika 17. Fiksiranje folije veće dimenzije; a) rubno fiksiranje ljepljivom folijom, b) fiksiranje rakelom ruba, c) segmentno povlačenje nosećeg papira i daljnje fiksiranje

Nakon što je sav nosivi papir uklonjen, fiksiraju se kutovi nanešene folije. U slučaju mjehurića zraka, koristi se igla kojom se mjehurić probuši. Nastali zrak se istisne prstima ili četkicom te se vrućim zrakom folija omekšava kako bi rupica bila što manje vidljiva, a folija na tom mjestu ostala čvrsto fiksirana. [11]

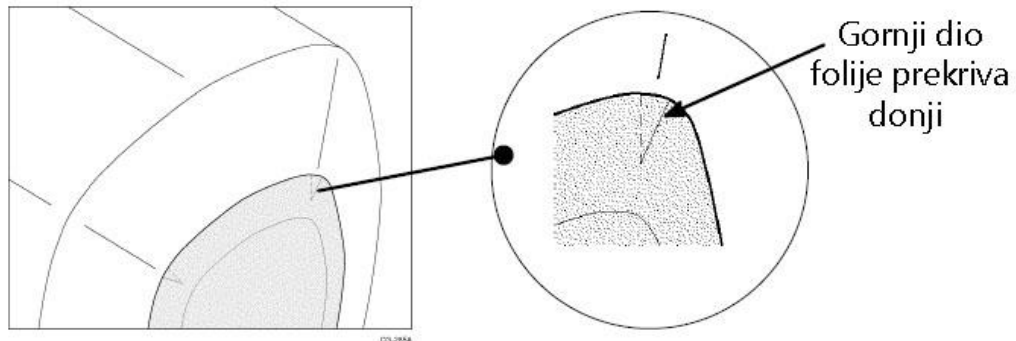


Slika 18. Postupak otklanjanja zračnih mjehura: a) bušenje iglom i pritisak prstima, b) zagrijavanje fenom, c) rotacija četkom oko mjehura, d) rotacija četkom centralnog dijela mjehura

Udubljenja i izbočine kompliciraju posao wrapiranja. Razlog tomu su viškovi folije koji nabiranjem nastaju na nekim dijelovima, te ih je potrebno ukloniti. Da bi se to odradilo, potrebno je biti siguran da je folija čvrsto fiksirana. Na početak je potrebno urezati donju foliju koja se nalazi na preklopu izbočine. Tako će gornji dio preklapljene folije (od viška) prekriti dio koji je izrezan i nadomjestiti ga. (Slike 19 i 20)

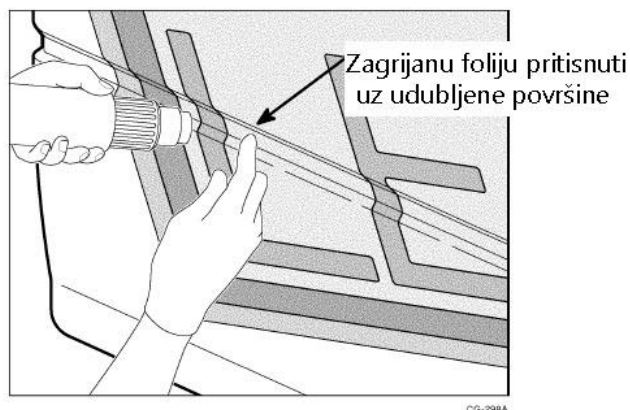


Slika 19. Rezanje folije prema zahtjevima podloge



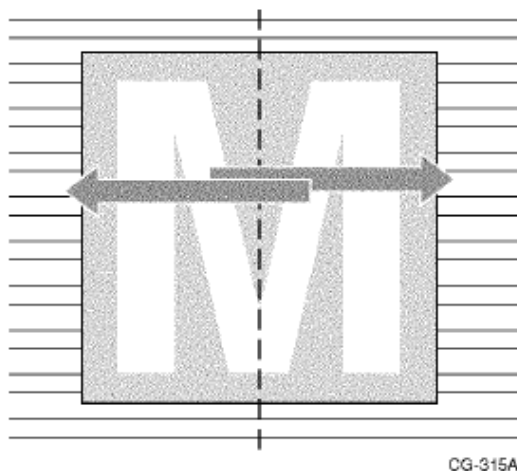
Slika 20. Lijepljenje izrezanog dijela folije koji se preklapao

Za udubljene površine (kanale), prije lijepljenja je potrebno nanijeti *primer* i pričekati da se osuši. Nakon lijepljenja, foliju je potrebno dodatno zagrijati kako bi bila fleksibilnija i lakše prionula obliku udubljenja.



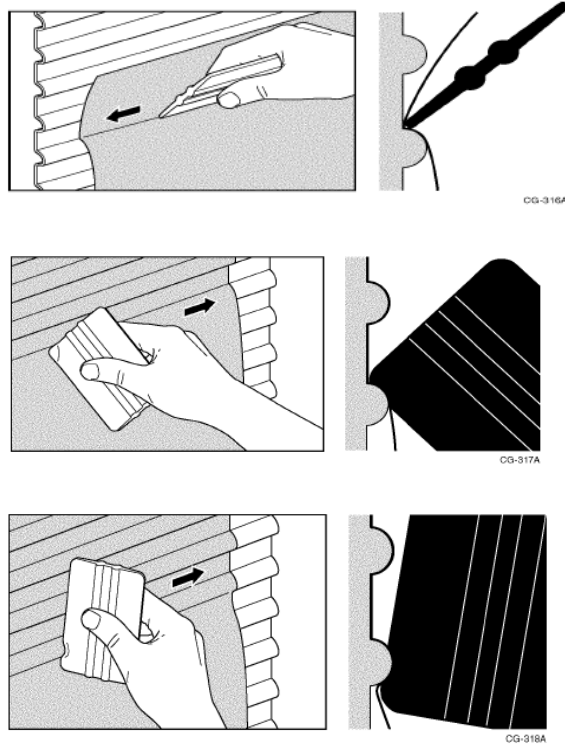
Slika 21. Omekšavanje folije zagrijavanjem fenom i fiksiranje folije prstima

Za jako neravne površine izvodi se nešto drugačija metoda. Prvo je potrebno aplicirati foliju ravno na udubljene dijelove, povlačeći rakelom od centra horizontalno prema rubovima folije prateći liniju kanala (slika 22). Na izbočinama i udubljenjima se rakelom prvo fiksira jedan kut, zatim uz zakrivljenu površinu do donjeg kuta.



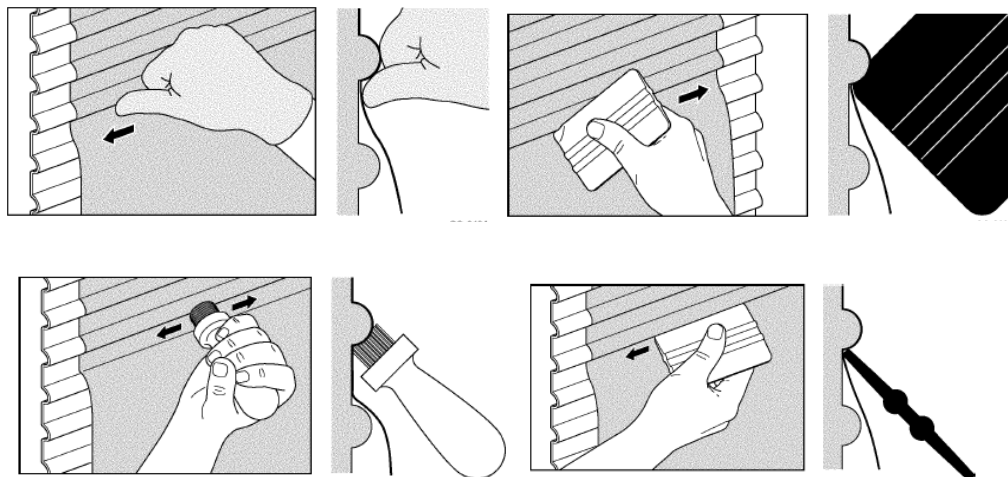
Slika 22. Apliciranje folije na udubljena i izbočena područja

Postupak započinje fiksiranjem gornje udubine (vertikalno zaglađivanje) kako bi se folija prihvatila za podlogu. Nakon toga slijedi horizontalno zaglađivanje kako bi se oblikovalo više zaobljenje. Pritom se koristi mekši (plavi) rakel, koji ostvaruje širu zonu pritiska. Na kraju se realizira donje zaobljenje laganim pritiskom donjeg ruba rakel. (Slika 23)



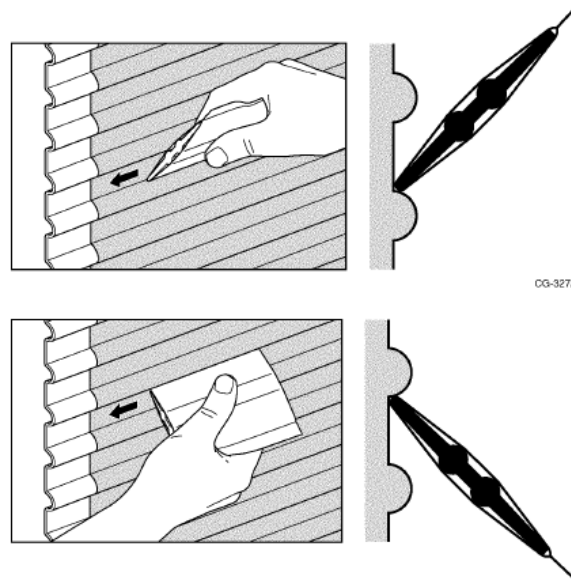
Slika 23. Fiksiranje na udubinama i izbočinama

Slijedi dio korekcije kanala. Ona se prvo izvodi lakšim pritiskom prstima, a zatim raketom, kako bi se kutovi dodatno fiksirali folijom. Ovisno o širini i dubini udubljenja, isto fiksiranje je moguće ostvariti i četkom za fiksiranje. (Slika 24)



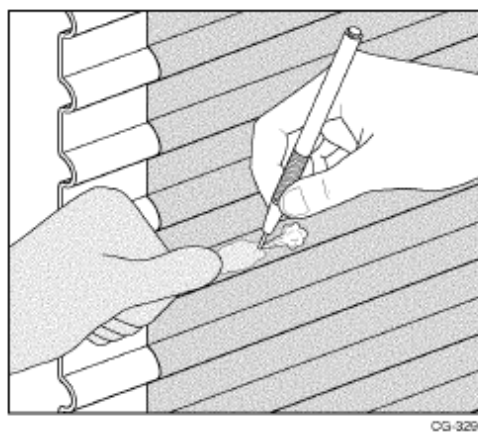
Slika 24. Fiksiranje u uglovima udubljenja/izbočenja

Na kraju je potrebno provjeriti da su svi kutovi definitivno fiksirani. To se izvodi ponovnim pritiskanjem folije na najproblematicnijim dijelovima, a to su rubovi s gornje i donje strane izbočenja ili udubljenja. Pritom se koristi vršni dio mekšeg rakel. (Slika 25)



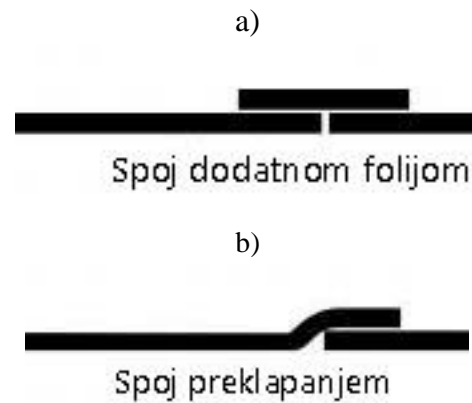
Slika 25. Završno fiksiranje folije na problematičnim područjima

Ukoliko je nakon fiksiranja negdje zaostao mjehurić zraka, potrebno ga je eliminirati bušenjem folije iglom. Nakon toga se pritiskom prstima ili rakelom, istiskuje zrak kroz napravljenu rupicu. [12] U slučaju većih mjehura ponekad se folija zagrijava kako bi korekcija bila nevidljiva.



Slika 26. Uklanjanje mjehurića zraka s udubljenih i izbočenih površina

Ako se jedna površina vozila obljepljuje iz više dijelova folije, potrebno je osigurati određenu širinu preklopa. Ovaj komad folije se fiksira tako da se nakon točnog izrezivanja prvo raketom centar a na kraju formira rub. Metode konačnog spoja moguće je realizirati u širini 1 cm ili lijepljenjem prethodno izrezane tanke folije (slika 27).



Slika 27. Spajanje dvaju dijelova folije: a) dodatnom folijom, b) preklapanjem

izvor: <https://wraps-mag.com/features/custom-caddy-wrap>

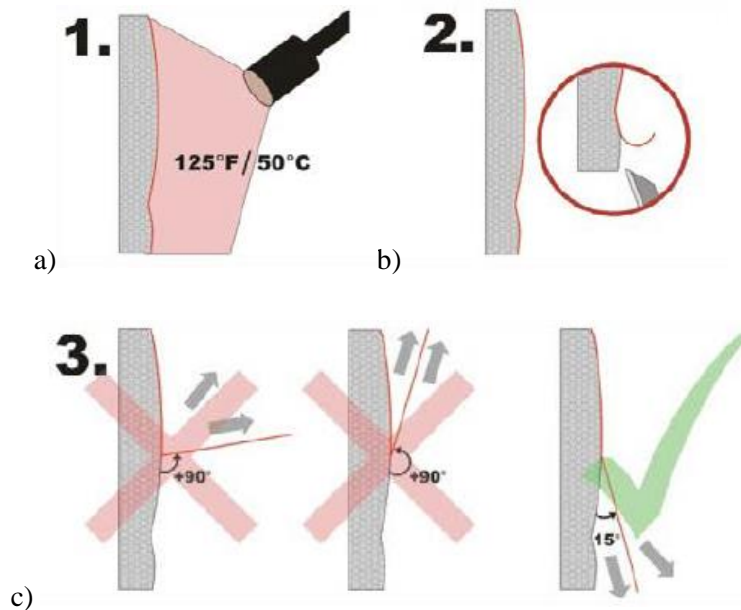
Na fiksiranu foliju se ponekad aplicira zaštitna folija kako bi se zaštitio otisak ili sama folija. To su nešto deblje transparentne folije koje štite od UV zračenja i mehaničkih oštećenja. Današnje folije uglavnom ne zahtijevaju još jedan zaštitni sloj jer je kvaliteta površinskog sloja visoka.

Druga metoda zaštite je laminacija. Pritom se tekuća sredstva dodatno nanašaju na površinu folije i otiska čime se također produljuje životni vijek otisnute aplikacije.

Skidanje folije

Nakon određenog perioda i izloženosti atmosferijama folijama istječe rok trajanja. Otisak tako izgubi kolornu kvalitetu ili se folija na neki način mehanički ošteti. Tada je potrebno ukloniti foliju na pripadajući način kako bi vozilo ostalo neoštećeno i spremno za eventualno novo oblaganje.

Postupak skidanja folije s vozila počinje pripremnim radnjama kao što su čišćenje cijele aplicirane folije vodom i sapunom, sušenje te zagrijavanje dijelova folije koji se skidaju. Temperatura zagrijavanja ne bi trebala biti viša od 50°C, u suprotnom slučaju folija može ostaviti sloj ljepljivosti na vozilu te otežati daljnji rad. Nakon zagrijavanja nožićem ili skalpelom se odvaja jedan kut folije te se ista povlači pod definiranim kutom (oko 15° od površine na koju je aplicirana). Na slici 28 prikazan je postupak skidanja wrap folije.



Slika 28. Faze skidanja Wrap folije: a) zagrijavanje, b) početak skidanja, c) optimalni kut ljuštenja

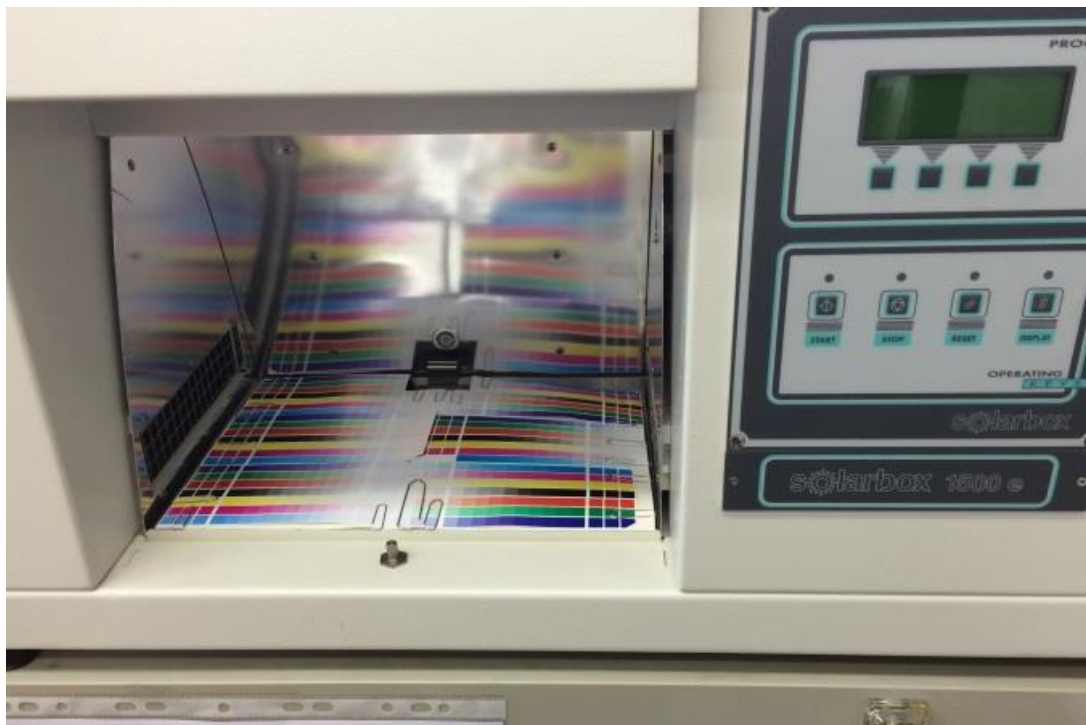
Ovakva metoda osigurava najbrže i najjednostavnije skidanje folije uz minimalne popratne radove. Ukoliko na nekim mjestima ostanu tragovi ljepljivosti, potrebno ih je dodatno premazati sredstvom za uklanjanje ljepljivosti te ostaviti da ono djeluje između 45 sekundi i 1 minute. Tada se može jednostavno ukloniti otopljeno ljepljivo brisanjem tkaninom, struganjem ili ispiranjem uređajima za pranje vozila. Zadnji korak je pranje vozila sapunom i vodom (kako bi se osiguralo da je cijela površina čista i da nema zaostataka otapala za ljepljivo) te sušenje. [13]

4. PLAN RADA

4.1. Opis eksperimenta i mjerni uređaji

Prije početka eksperimenta bilo je potrebno izraditi CMYK testnu formu s klinovima od 0-100% RTV (s razlikom od 10% RTV između svakog polja) te RGB polja s dvostrukim nanosima (crvena, zelena i ljubičasto-plava). Takav izrađeni PDF poslan je na Rolandov RIP Versa Works. Izrađena tiskovna forma je otisnuta na dva Inkjet stroja: Roland LEC 300 (s UV sušećim bojilom) i Roland Versa CAMM VS 540i (s Eko solventnim bojilom). Oba stroja su otisnula 3 eksperimentalne Wrap folije (3M Scotchcal, 3M Controltac i Orajet).

Nakon otiskivanja slijedilo je nulto mjerenje koje je uključivalo mjerenje kolorimetrijskih vrijednosti s polja od 20%, 40%, 60%, 80% i 100% RTV-a. Pritom su se koristila dva mjerna uređaja: spektrofotometar X-Rite eXact te DinoLite Pro mikroskop (snimke polja od 10 i 100% RTV). Svježe otisnuti otisci dodatno su komparirani tako da se generirao njihov profil sa 378 polja. Pritom je korišten X-Rite DTP 41 i softver za izradu profila Monaco Profiler. Slijedilo je slaganje 6 otisnutih kolornih uzoraka na nosač dimenzija 280 x 200 mm koji se ulagao unutar komore za starenje SolarBox 1500E.



Slika 29. Solar Box komora za starenje uzoraka

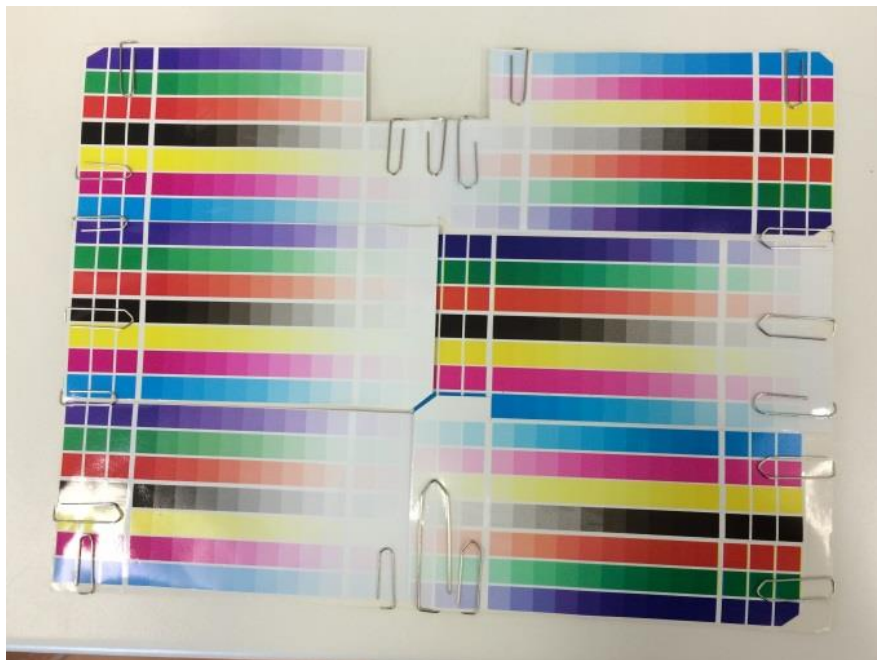
Istraživanja su pokazala da se digitalno otisnutim otiscima tijekom ubrzanog starenja smanjuje veličina rasterske točkice te istovremeno povećava svjetlina otiska. [14]

Uvjeti starenja u komori bili su: temperatura od 50°C i zračenje ksenonske lampe od 550 W/m². Prvi period starenja je bio 6 sati (što odgovara 6 dana u realnom vremenu), nakon čega su mjerene L*a*b* vrijednosti s istih polja kao i pri nultom mjerenju.

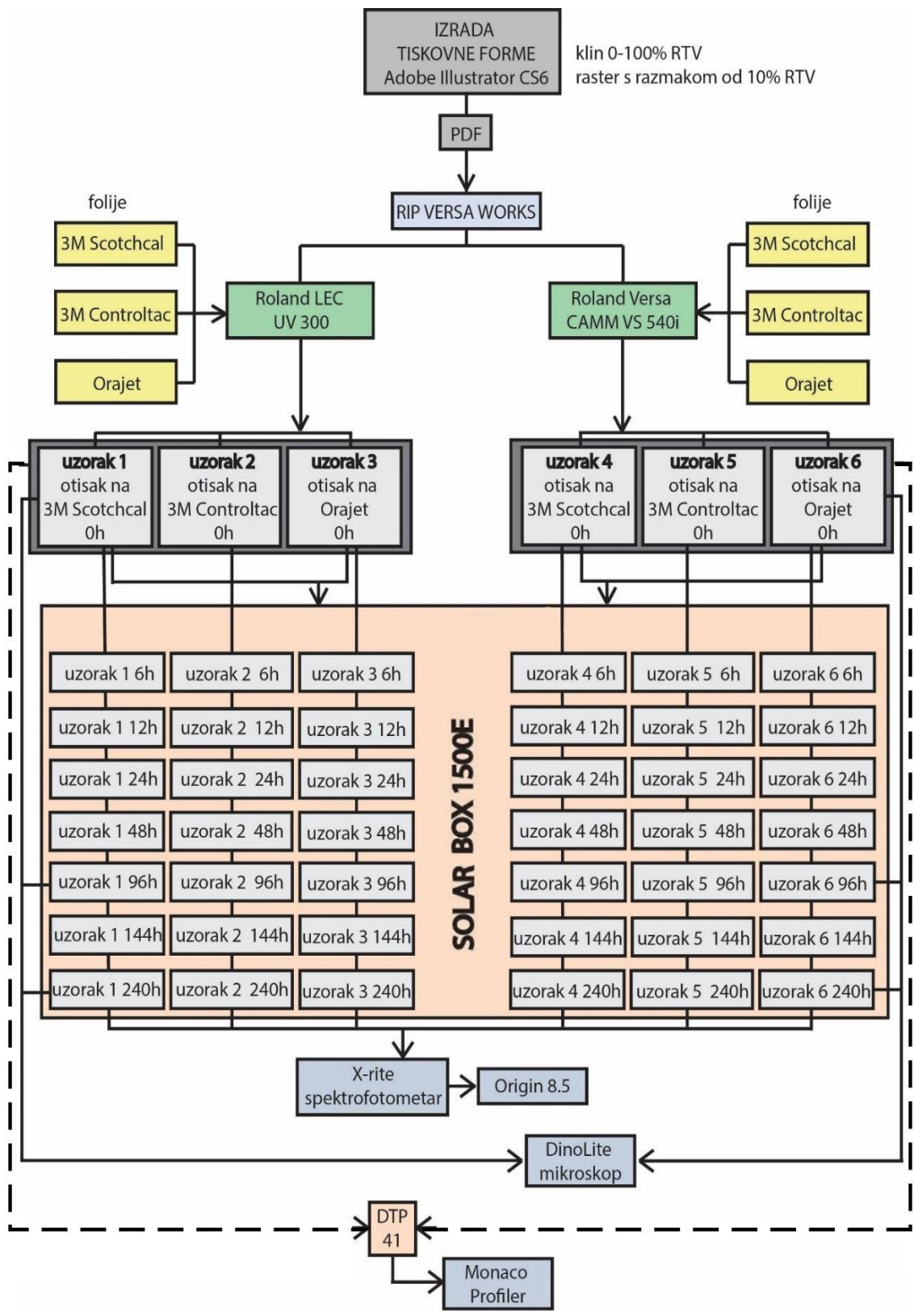
Slijedeći periodi starenja su bili: 12 h, 24 h, 48 h, 96 h, 144 h te 240 h. Nakon svakog perioda izmjerene su kolorimetrijske vrijednosti, a nakon 96 i 240 sati i fotografije polja od 10% i 100% RTV-a (mikroskopom).

Mjereni rezultati su analizirani u programu Origin 8.5 te prikazani u grafikonima s prikazom vrijednosti u 3D L*a*b* sustavu i 2D a*b* sustavu. Također su izračunate promjene u obojenju (ΔE_{00}) za polja od 20% i 100% RTV vrijednosti (za svaku Inkjet boju i na svakoj korištenoj Wrap foliji). Kako bi se dobile usporedne razlike u obojenju, bilo je potrebno komparirati svaki izmjereni rezultat starenja s nultim mjerenjem.

Svi uzorci su bili metalnim spajalicama istovremeno pričvršćeni na nosač, te su se nakon svakog perioda starenja skidali s nosača kako bi se izvršilo mjerenje (kolorimetrijskih vrijednosti spektrofotometrom ili mikroskopske snimke).



Slika 30. 6 otisnutih uzoraka na nosaču na kojem se postavljali unutar komore za starenje



Slika 31. Shema eksperimentalnog dijela rada

4.1.1. Spektrofotometar X-Rite DTP41

Ovaj uređaj se koristi za mjerenja kolornih stripova, u sklopu kalibracije uređaja, kontrolu boja u procesu tiska ili kolor menadžmentu. Spektrofotometar je automatiziran na način da, nakon pritiska tipke, počinje mjerenje na stripu od 378 polja u periodu od 20-ak sekundi, čime se vrijeme mjerenja, u usporedbi s manualnim, smanjuje za 10 puta. Nakon mjerenja svih polja, uređaj automatski šalje podatke u softver na računalu. Obojena polja koja uređaj može detektirati bi minimalno trebala biti dimenzija 1,8 x 2,5 mm.

Uređaj se može podesiti na UV model (koji olakšava mjerenje na papirima koji sadrže fluorescentna bjelila) te transmisijski model (koji omogućava refleksiju i transmisiju svjetla, što je jako svestran alat za različite aplikacije). Također se može podesiti na široki model, koji omogućava mjerenje na formatima većim od standardnih. Kutevi standardnog promatrača mogu biti 2° i 10°, a geometrija mjerenja može se podesiti na 45° ili 0° za refleksiju te 180° ili 0° za transmisiju.

Izvor svjetla koji uređaj koristi emitira zračenje valnih duljina u području od 400 do 700 nm (bijelo svjetlo). Spektrofotometar mjeri brzinom 0,2 sekunde po uzorku širine 7 mm. Debljina medija na kojem se mjeri može biti između 0,08 i 0,6 mm. Prije mjerenja je potrebno kalibrirati uređaj definiranim kalibracijskim stripovima. Dimenzije uređaja su 88x184x114 mm, a teži 890 grama. [15]



Slika 32. Spektrofotometar X-Rite DTP41

Izvor: http://www.grf.unizg.hr/wp-content/uploads/2010/09/SMP_KatalogOpreme_FINAL-WEB_v2.pdf

Tablica 1. Tehničke karakteristike spektrofotometra X-Rite DTP41

Raspon valnih duljina	Raspon mjerenja	Denzitometrijski standardi	Geometrija	Standardni promatrač	Standardni izvori svjetla
400-700 nm	0-160% reflektancija; 0 D-2.5 D gustoća zacrnljenja	Status T, E, I i A	45°/0°	2°/10°	A, C, D50, D65, D75, F2, F7, F11 i F12

Monaco Profiler je softver za izradu ICC profila za zaslone, skenere, printere i digitalne kamere. Pogodan je za RGB/CMYK/Pantone/Hexakromatske i Multi-ink printere te za produkciju i simulaciju istih. Profili se također u ovom programu mogu uređivati te se prikazi mogu pohraniti u TIFF ili DCS 2.0 formatu. Monaco Profiler može importirati i eksportirati podatke o bojama po CGATS standardima. Podržava sve industrijske standarde, uključujući IT 8.7/3, IT 8.7/4 i ECI.



Slika 33. Početne opcije u Monaco Profileru

Izvor: http://xritephoto.com/ph_product_overview.aspx?action=support&id=583

4.1.2. Spektrofotometar X-Rite eXact

Spektrofotometar X-rite eXact je ručni prijenosni spektrofotometar i kolorimetar. Operater može jednim klikom uvidjeti parametre boje. Sve izmjerene boje mogu biti uspoređene prema integriranom PANTONE standardu. *eXact scan* opcijom mogu se mjeriti kratki ili dugi mjerni stripovi (dužine do 112 cm). Sam uređaj može podesiti otvor kamere na četiri različite veličine (1.5 mm, 2 mm, 4 mm i 6 mm). Minimalna površina mjerenja iznosi 3 x 3 mm. Pri mjerenju CIE L*a*b* vrijednosti PANTONE polja svaki se uzorak mjerio pet puta, pri čemu je uređaj automatski izračunao srednju vrijednost mjerenja uz pohranu u računalo. Uređaj također mjeri gustoću obojenja te rastertonske vrijednosti prethodno definiranih polja. [15]

Tablica 1. Tehničke specifikacije spektrofotometra X-rite eXact

Raspon mjernih valnih duljina	Raspon mjerenja reflektancije	Optička razlučivost	Geometrija	Standardni promatrač	Mjerna površina	Standard filtera (M2)
400-700 nm	0-200%	10 nm	45°/0°	2°/10°	4 mm	ISO 13655:2009



Slika 34. Spektrofotometar X-rite eXact

Izvor: http://www.grf.unizg.hr/wp-content/uploads/2010/09/SMP_KatalogOpreme_FINAL-WEB_v2.pdf

4.1.3. Mikroskop Dino-Lite Pro

Digitalni mikroskop AM413T DinoLite Pro je korišten za velika uvećanja te slikovnu analizu fotografija. Uređaj je spojen sa računalom, ima zaseban izvor svjetlosti te je za njegovu upotrebu potreban računalni program Dino Xcope. Uvećanja koja se mogu ostvariti su u području od 20x do 200x. DinoLite može snimiti slike ili video u rezoluciji od 1.3 MP, te tako omogućuje pregled uzoraka s velikom preciznošću. Uređaj ima ugrađenih 8 bijelih led lampica za osvjetljavanje uzorka koje se mogu uključiti ili isključiti po potrebi. [16]

Tablica 2. Tehničke specifikacije digitalnog mikroskopa DinoLite Pro

Povećanja	Detektor	Osvjetljenje	Video snimanje	Kamera
20x - 200x	Color CMOS 1.3 MP	8 LED dioda	30 fps	3.0 MP CMOS



Slika 35. Mikroskop DinoLite Pro

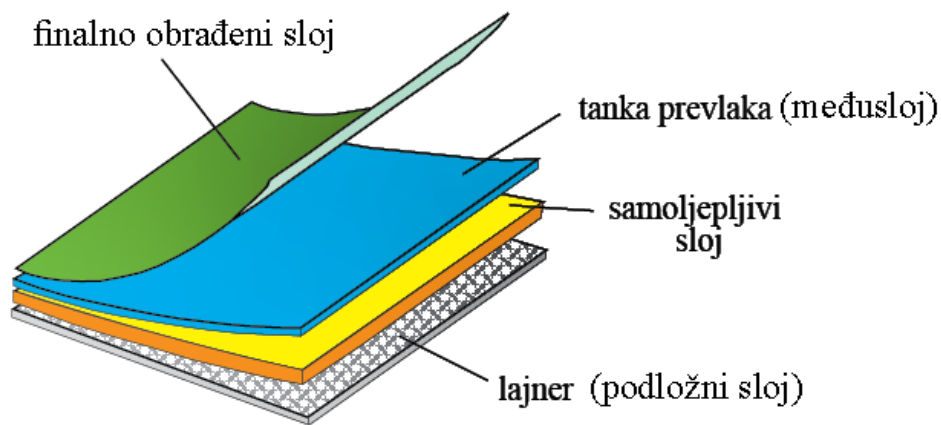
Izvor: http://www.grf.unizg.hr/wp-content/uploads/2010/09/SMP_KatalogOpreme_FINAL-WEB_v2.pdf

4.2. Korišteni materijali

Wrap folije koje se koriste za oblaganje vozila moraju zadovoljiti puno strože zahtjeve od većine samoljepljivih folija kakve se danas koriste u komercijalnoj uporabi. Razlog tome su uvjeti kojima se izlažu. Prije predstavljanja novog proizvoda, proizvođači obavljaju razne vrste ispitivanja kako bi dokazali izvrsnost proizvoda te dali garanciju na trajnost za određeni vremenski period.

Osim što sama podloga mora izdržati različite zahtjeve, tako i otisak koji se formira mora biti kvalitetan. Folija i otisak zajedno moraju biti u optimalnoj kombinaciji te izdržati približno jednako vrijeme zadovoljavajuće kvalitete. Folije koje su korištene u ovom eksperimentu su: 3M Scotchcal, 3M Controltac i Orajet.

Općenito trajnost folija ovisi i o geografskoj zoni u kojoj se koriste. Tako se u svojim specifikacijama wrap folije dijele na tri zone: zona 1 (sjeverna Europa, Italija – sjevernije od Rima i Rusija), zona 2 (Mediteran bez sjeverne Afrike, južna Afrika) te zona 3 (područje Meksičkog zaljeva i Afrika). Za vanjske aplikacije folija duljina vijeka trajanja je najveća u zoni 1 a najmanja u zoni 3. Na slici 36 prikazana je tipična četveroslojna folija koja se koristi za oblaganje vozila.



Slika 36. Slojevi klasične neotisnute wrap folije

4.2.1. Folija 3M Scotchcal

Korištena 3M Scotchcal folija pripada seriji 80, a njen puni naziv glasi *Scotchcal Opaque Graphic Film*. To je vinilna lijevana (*cast vinyl*) folija sa sjajno obrađenom površinom. Također se proizvode u 84 boje, crnoj, transparentne te 8 metalik varijanti (metalik folije imaju vijek trajanja gotovo 3 puta manje od bijelih ili crnih), a u slučaju primjene za unutarnji prostor, trajanje im je do 10 godina. Debljina folije je 50 μ m. Tip ljepljivosti je bezbojni solventni akrilni adheziv osjetljiv na pritisak. Noseći papir je *glassine* papir. Adhezija je aproksimativno 20 N/25 mm. Folija se može aplicirati suhim i mokrim postupcima, dok je skupljanje manje od 0,2 mm. Temperatura folije i prostora pri apliciranju bi trebala biti minimalno +8°C, a izdržava temperature od -40°C do +95°C.

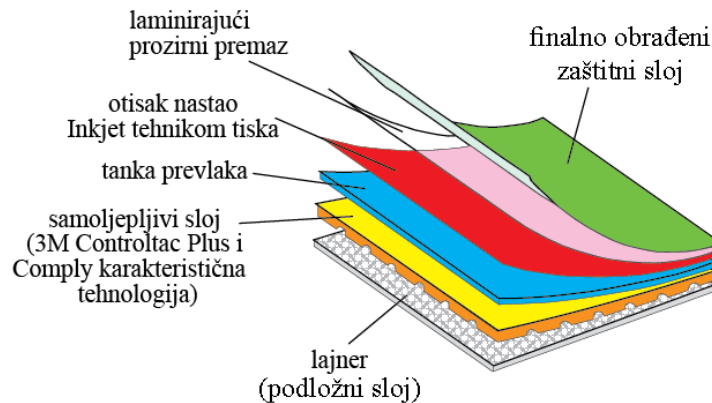
Foliju je moguće aplicirati i na ravne i zakrivljene podloge te na materijale kao što su aluminij, staklo, akrilno staklo (PMMA), polikarbonat, termoplastični polimer ABS te na prethodno otisnutu boju. Folija zahtijeva čišćenje proizvodima za čišćenje visoko kvalitetnih obojenih površina. Proizvodi se u arcima ili u roli (na formatu od 130 mm širine ili većim), što onemogućuje rolanje nosećeg papira (na temperaturi između +4° i +40°C), skladišti se u tamnom i suhom prostoru pri čemu mora biti u originalnom pakiranju. [17]

4.2.2. Folija 3M Controltac

Folija 3M Controltac je folija punog naziva *3M Wrap Film Series 1080*. Namijenjena je za oblaganje cijelog ili dijela vozila bez potrebe za dodatnim zaštitnim filmovima. Proizvode se u rolama širine 1,52 m te sadrže sloj napravljen s *Controltac* tehnologijom. Takva tehnologija omogućava repositioniranje folije bez čvrstog prisanjanja za podlogu, što olakšava rukovanje većim formatima pri apliciranju te adhezivni sloj napravljen s *Comply* tehnologijom (zračni tunelići koji omogućuju jednostavno odstranjivanje zraka bez bušenja). Ova folija je lijevana vinilna (*cast vinyl*) i proizvodi se sa sjajnom, mat i teksturiranom površinom. U eksperimentu je korištena bijela sjajna folija debljine 90 μ m. Tip adheziva temeljen je na solventnom akrilu, osjetljivom na pritisak.

Noseći materijal je polietilenom obostrano premazani papir. Adhezija folije aproksimativno iznosi 20 N/25 mm, a moguće ju je aplicirati samo suhom metodom. Temperatura apliciranja na ravne i (jako) zakrivljene podloge iznosi +16°C pri čemu je

dozvoljeno skupljanje manje od 0,4 mm. Folija može izdržati temperature između -60° i $+107^{\circ}\text{C}$, a primjenjiva je na podlogama kao što su aluminij, PMMA, PC, ABS i boje. Također se preporučuje njeno skladištenje na temperaturi između $+4^{\circ}$ i $+40^{\circ}\text{C}$ (na tamnom i suhom mjestu u originalnom pakiranju). U odnosu na foliju 3M Scotchcal, trajnost im je dvostruko kraća, za svaku zonu. [18] Na slici 37 prikazana je šestoslojna folija namijenjena oblaganju vozila.



Slika 37. Slojevi folije 3M Controltac s otiskom

4.2.3. Folija Orajet

Folija Orajet 3951RA je visokokvalitetna bijela PVC folija sa sjajnom površinom. Adheziv je sivi solventni poliakril, koji omogućuje lako repozicioniranje (bez instantog fiksiranja). Noseći materijal je *RapidAir* papir. To je obostrano premazan polietilenom sa silikonom na jednoj strani. *RapidAir* tehnologija omogućuje brzu i laku aplikaciju bez mjehurića, posebno za velike formate. Folija je namijenjena vanjskim aplikacijama kao što su oblaganje cijelog vozila. Primjenjiva je na ravnim i zakrivljenim površinama. Minimalna temperatura apliciranja mora biti veća od $+8^{\circ}\text{C}$. Debljina folije iznosi $55\mu\text{m}$. Skuplja se samo po dužini (max. 0,1 mm). Aplicira se dobro na aluminij. Ova folija je otporna na temperature od -50° do $+100^{\circ}\text{C}$ te može izdržati bez ikakvih promjena 100 sati na 23° izložena morskoj vodi. Moć adhezije je 16 N/25 mm. Pri sobnoj temperaturi (72 sata nakon fiksiranja na aluminij), folija je kratkotrajno otporna na većinu ulja i masti, goriva, alifatskih solvenata, slabih kiselina, soli i alkala. Neotisnuta i u uvjetima zone centralne Europe, može trajati 10 godina. [19]

4.3. Korišteni strojevi i uređaji

4.3.1. Tiskarski stroj Roland Versa UV LEC 300

Roland VersaUV LEC 300 karakterizira velika brzina i iznimno visoka kvaliteta otiska. VersaUV LEC serija Rolandovih strojeva predstavlja prve LED UV printere s integriranim rezačem tiskovne podloge. Stroj koristi dvije LED lampe za sušenje čime može otiskivati i na materijale od metala do sintetičkih papira i folija, BOPP, PE i PET filmova, pa čak i kože i tkanina. [20] Omogućuju tiskanje sa CMYK bojama, s bijelom bojom i LED UV sušećim lakom. Također je lako moguće izvoditi razne embosirajuće efekte. Dostupni su u 30-inčnim i 54-inčnim modelima. LED Lampe koje se koriste traju do 10 puta dulje od konvencionalnih UV lampi. Eco UV boje se trenutno suše i veoma su fleksibilne. To omogućuje tisak na neravne i hrapave površine bez raspuknuća otiska na podlozi. [21]



Slika 38. Roland VersaUv LEC 300

UV sušeće Inkjet boje

Kemizam i formulacija boja koje se koriste u Inkjetu određuje buduću kvalitetu otiska, odnosno karakteristike oslobođenih kapljica, te pouzdanost tiskarskog sustava. Sve boje u Inkjetu sadrže dvije osnovne komponente: kolorante (tvar koja boji daje obojenje) i baznu osnovu (tvari koje određuju reološka svojstva bojila).

UV i LED UV sušee Inkjet boje karakterizira trenutno sušenje, procesom polimerizacije. Time su omogućene velike debljine nanosa bez obzira na debljinu tiskovne podloge. Sastav takve boje čine: pigmenti (15%), prepolimeri (20%-35%), monomeri i oligomeri (10%- 25%), fotoinicijatori (5%- 10%) i dodatci (1%-5%). Jedna od najvažnijih komponenti UV boja su svakako fotoinicijatori. Oni pospješuju procese polimerizacije čime se započinje sam proces sušenja. Pri tome oni apsorbiraju UV svjetlost. Izvor UV sušenja je također veoma važan čimbenik, budući da bez njega ne može doći do aktivacije boje. Na fotoinicijatore se djeluje valnim duljinama između 365 i 415 nm, čime počinje proces skrućivanja. [2]

4.3.2. Tiskarski stroj Roland Versa CAMM VS 540i

Roland VersaCAMM strojevi su Inkjet pisači za tisak velikih formata s ugrađenim nožem za krivolinijsko rezanje. Maksimalna rezolucija ispisa je 1440x740 dpi. Pisač koristi ECO-SOL MAX boje koje zahtijevaju kraće vrijeme sušenja, imaju veću otpornost na grebanje, ostvaruju bolju pokrivenost i širi spektar boja na svim tiskovnim podlogama. Također, eko solventne boje su gotovo bez mirisa i ne zahtijevaju dodatne sustave ventilacije u prostoru. Strojevi serije VersaCAMM VSi predstavljaju prvi printer/cutter na tržištu koji omogućuje tisak bijele i srebrne boje, odnosno 512 metalik varijanti. Po veličinama se razlikuju: VS-640i (162.56 cm), VS-540i (137.16 cm) i VS-300i (76.2 cm). [22]



Slika 39. Roland VersaCAMM VS 540i

Ekosolventne Inkjet boje

Receptura za solvente Inkjet boje u kojima otapalo ne sadrži vodu već alkohole kao što su metanol, etanol i slični nižih alkil alkohola. Takva boja će težinski sadržavati: 0,1-10% (ko)polimernih veziva, 1-40% aktivnog organskog otapala koje potpuno otapa smole (veziva), 10-90% mješavine su otapala i 0,1-10% pigmenta, otapala i kootapala. Takva formulacija ima točku isparavanja iznad 60 °C. Drugi aditivi mogu se dodati samo u malim količinama (do 5%). [23]

„Ekosolventne“ je uvriježeni naziv za boje s „lakšim“ *solventom*, odnosno, otapalom s manjim udjelom lako hlapljivih tvari (*VOC – Volatile Organic Compounds*). Boje s „teškim solventima“ su zahtijevale kompleksnije sustave ventilacije i otpremanje ostataka boje jer zbog toksičnosti i neugodnog mirisa nisu pogodne za udisanje. Ipak, takve boje su jeftinije i pogodne za vanjske aplikacije. [24] Ekosolventne imaju relativno malen udio lako hlapljivih tvari te su pogodne za tisak i primjenu u zatvorenim prostorima s adekvatnom ventilacijom. Ove boje svojim otapalom omekšavaju polimerne tiskovne podloge i prijanjaju na njihovu površinu. Ipak, njihova otpornost na vanjske uvjete, UV zračenje i grebanje je puno manja od boja s teškim otapalima pa je predviđena trajnost ekosolventnih otisaka na vanjskim aplikacijama jedna do dvije godine. [25]

Rolandove Eko-solventne boje namijenjene su upotrebi u zatvorenim prostorima gdje ne postoji mogućnost ugrađivanja posebnih ventilacija. One ipak nisu u potpunosti bezopasne kao što su boje na bazi vode. Rolandova Eco-Sol MAX boja omogućava kvalitetan i oštar ispis pri najvećim radnim brzinama strojeva. Ne sadrži nikal kao većina solventnih boja te se brže suši i otporna je na mehanička oštećenja. Rolandov eko solventni otisak izložen vanjskim atmosferskim uvjetima može izdržati i do tri godine bez dodatne laminacije preko otiska. Dodatna prednost ove boje je i niska cijena, što ju čini često korištenom Inkjet bojom.

4.3.4. Komora za starenje Solar Box 1500 E

Solarbox 1500E je uređaj za simulaciju starenja različitih tiskovnih podloga. U uređaju se nalazi ksenonska lampa koja emitira elektromagnetsko zračenje značajno veće od količine svjetlosti dnevnog svjetla. Snaga zračenja može se kretati od 250 do 1100 W/m², u intervalu elektromagnetskog zračenja od 290 do 800 nm. Ovi parametri se kontroliraju

ugrađenim radiometrom u visini uzorka. U uređaj se mogu ugraditi i razni UV filteri koji u kombinaciji s lampom simuliraju spektar zračenja ekvivalentan realnom vanjskom dnevnom svjetlu. Unutrašnjost komore izrađuje se od reflektivnih ploha koje usmjeravaju zračenje na uzorak. Drugi parametar u ovom uređaju je temperatura. Ona se mijenja zagrijavanjem ksenonske lampe i također se može nadzirati i kontrolirati. Temperatura se kontrolira preko standardnog crnog termometra koji se nalazi u ravnini uzoraka. Temperatura unutar komore su može definirati u rasponu od 35°C do 100°C. Površina za smještanje uzoraka u komoru je dimenzija 280 x 200 mm. [16]



Slika 40. Komora za starenje SolarBox 1500E

Tabela 3. Tehničke specifikacije SolarBox 1500E uređaja za simulaciju starenja

Raspon zračenja	Raspon temperature	Simulacija uvjeta	Standardi: boja/papir
250-1.100 W/m ² (290-800 nm)	35°-100°C	vanjski i unutarnji	ISO 11798; ISO 12040; ISO 18909; ASTM D3424; ASTM D4303; ASTM D5010; ASTM D6901; ASTM F2366

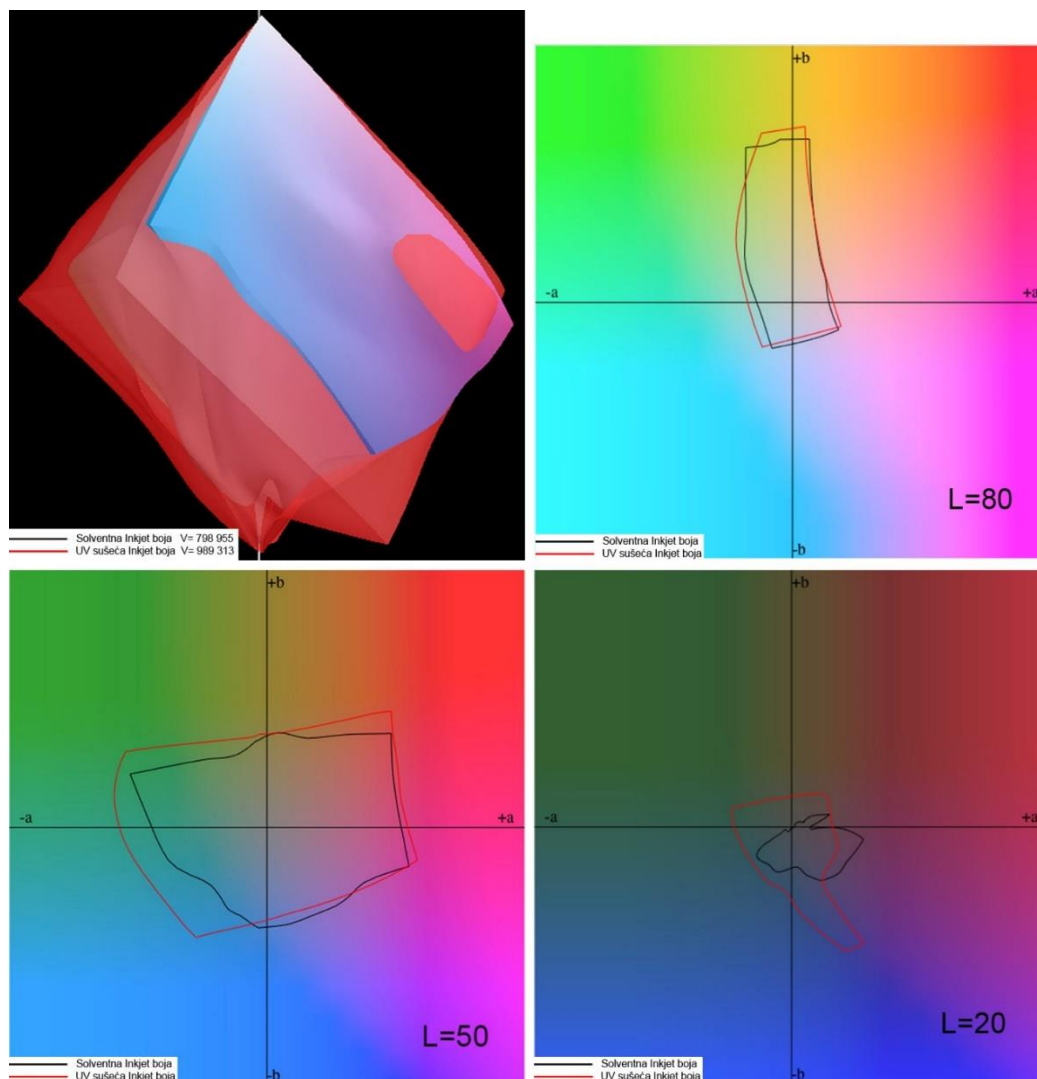
5. REZULTATI I DISKUSIJA

5.1. Gamuti reprodukcije

Gamut je pojam koji opisuje raspon obojenja ostvaren određenim tiskarskim sustavom, tj. opisuje mogućnost realizacije različitih obojenja (svjetlina i zasićenosti) koje se mogu reproducirati. Gamutima se opisuju obojenja za različite uređaje. Tako se u tisku primjenjuje CMYK model gamuta a u grafičkoj pripremi RGB model gamuta. [26] Pregledom gamuta nekog uređaja može se precizno odrediti raspon boja koje taj uređaj na nekoj tiskovnoj podlozi može reproducirati. Također se mogu usporediti različiti uređaji na istoj tiskovnoj podlozi kako bi se odredilo, ovisno o rasponu gamuta, na kojoj bi se podlozi trebalo otiskivati ili koje boje preferirati za određenu tiskovnu podlogu. Na slikama 41, 42 i 43 su prikazani gamuti strojeva Roland LEC 300 i Roland EcoSolvent na tri vrste folija.

Model boja određuje odnos između vrijednosti, a prostor boje definira apsolutno značenje tih vrijednosti kao boje. Neki modeli boja (poput modela CIE L^*a^*b) imaju fiksni prostor boje jer su oni izravno povezani s načinom na koje ljudsko oko percipira boju. Ti se modeli opisuju kao „neovisni o uređaju“. Drugi modeli boja (RGB, HSL, HSB, CMYK itd.) mogu imati mnogo različitih prostora boja. Kako se ti modeli razlikuju ovisno o prostoru boje ili uređaju, opisuju se kao „ovisni o uređaju“. Zbog tih promjenjivih prostora boja, izgled boje može se promijeniti kada se dokumenti prenesu s jednog uređaja na drugi.

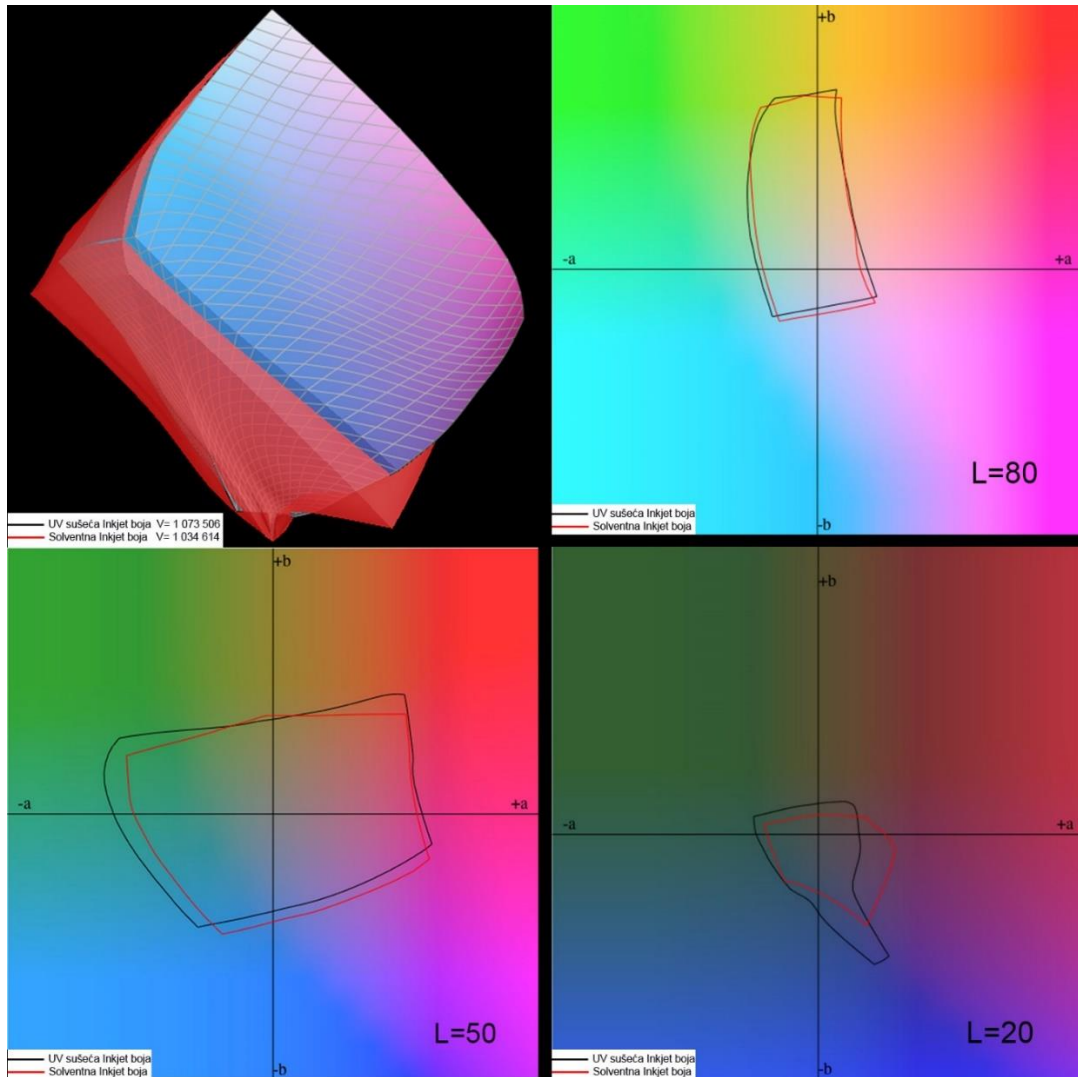
Varijacije boja mogu biti rezultat razlika u izvoru slike, načina na koji softverska aplikacija definira boju, medija za ispis (na novinskom papiru može se reproducirati manji gamut nego na papiru za časopise), te drugih prirodnih varijacija poput razlika u proizvodnji monitora ili starosti monitora. Iz tih razloga je u grafičkoj struci veoma važno transformirati informacije tako da se informacije o boji gube u optimalno malim vrijednostima. Vizualni doživljaj koje ljudsko oko u prirodi doživljava je stimuliran s najvećim rasponom tonaliteta različitih svjetlina i zasićenosti, odnosno tonaliteta s najvećim gamutom. Gubljenje vrijednosti gamuta najveće je prilikom prve transformacije RGB modela boja u CMYK model boja. Iz tog razloga, za uspostavljanje kvalitetne transformacije informacija o boji potrebno je znati kako i na koji način se informacija o boji transformira iz uređaja/medija u neki drugi uređaj/medij. [27]



Slika 41. Gamut solventne (Roland EcoSolvent) i UV sušeće (Roland LEC 300) Inkjet boje na foliji 3M Scotchcal: a) 3D gamut; b) presjek $L^=80$; c) presjek $L^*=50$; d) presjek $L^*=20$*

Volumen gamuta reproduciranog solventnom bojom na foliji 3M Scotchcal iznosi $V_{UV}=989\,313$ gamutnih jedinica, a volumen reproduciran UV sušeom bojom, na istoj podlozi $V_{SOL}=798\,955$ gamutnih jedinica. Time je ostvarena njihova razlika $\Delta V=190\,358$ gamutnih jedinica. Na slici 33.a) se vidi da je gamut stroja Roland Eco Solvent malo veći u području cijan i plavih tonova. U područjima velike svjetline ($L^*=80$), gamuti su vrlo slični, iako, u tom području, UV sušeća boja može reproducirati više žutih i cijan tonova. Pri svjetlini $L^*=50$ vidi se da UV boja ima oko 25% šire područje tonova u smjeru $-a^*$ osi, te može reproducirati puno bolje cijan, zelene i crvene nijanse. Pri najvećoj svjetlini

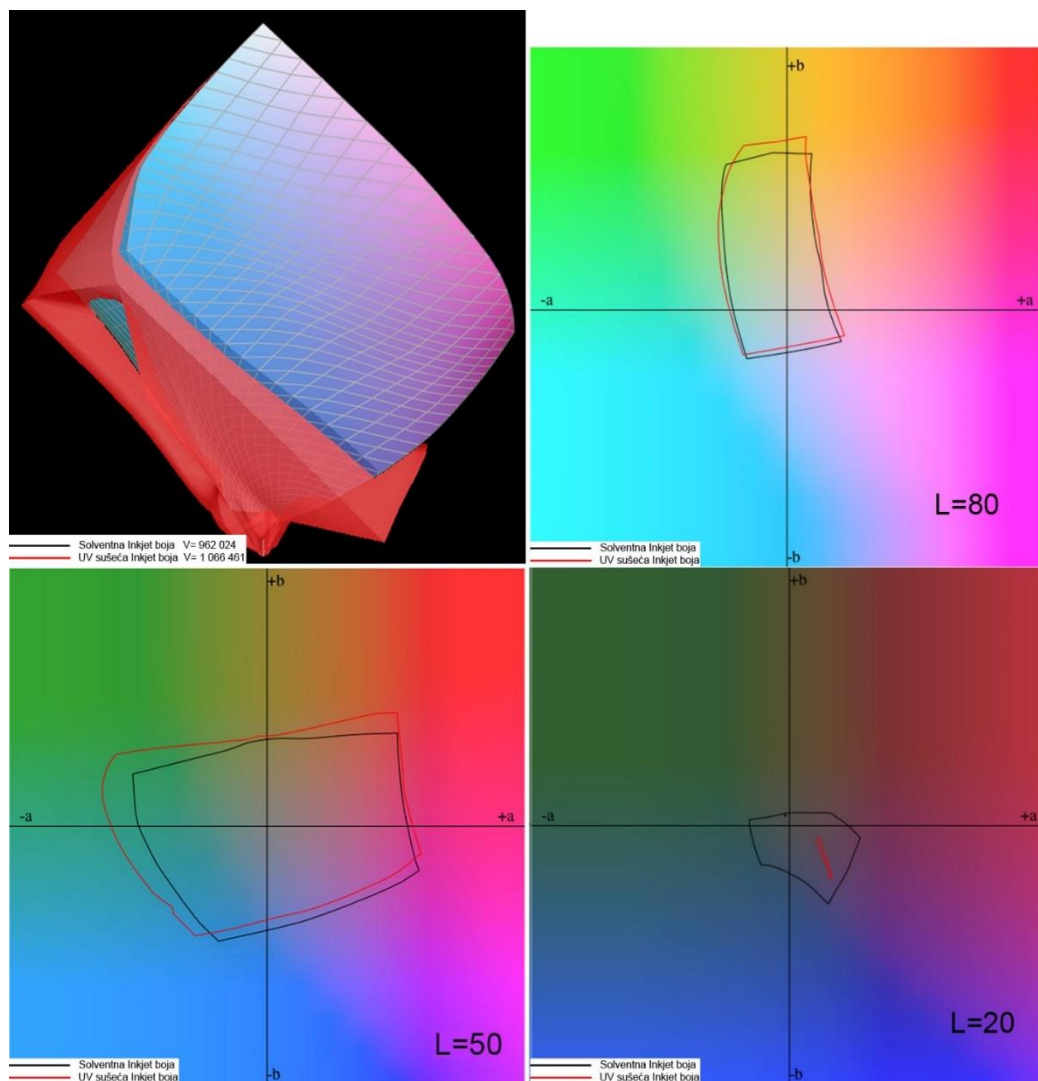
($L^*=20$), gamut UV sušeće boje je gotovo duplo veće površine od gamuta solventne Inkjet boje. Ipak, u području tonova magente, ek solventna boja ima puno veći doseg po osi $+a^*$ od UV boje, koja je puno bolje reproducirala područja ljubičastoplavih tonova (u IV. kvadrantu) te zelenih tonova (I. kvadrant koordinatnog sustava). Za foliju 3M Scotchcal se preporuča UV sušeća boja zbog većeg raspona tonova pri svim svjetlinama.



Slika 42. Gamut solventne (Roland EcoSolvent) i UV sušeće (Roland LEC 300) Inkjet boje na foliji 3M Controltac: a) 3D gamut; b) presjek $L^=80$; c) presjek $L^*=50$; d) presjek $L^*=20$*

Volumeni gamuta reproduciranih na foliji 3M Controltac iznose: $V_{UV}=1\ 073\ 506$ i $V_{SOL}=1\ 034\ 614$ gamutnih jedinica. Pri tome je vidljivo da je gamut UV sušeće boje veći za samo $\Delta V=38\ 892$ gamutnih jedinica.

Na 2D prikazu presjeka gamuta (pri velikim svjetlinama $L^*=80$) gamuti su skoro identični. Detektira se samo mali pomak gamuta solventne boje u smjeru $-a^*$ osi. Gamut solventne Inkjet boje bolje reproducira samo tonove ljubičasto-plave (pomak u smjeru magente, dok UV sušeća boja ima veći gamut u području crvenih, narančastih, zelenih i cijan tonova. Nijanse s malim svjetlinama ($L^*=20$) karakterizira ekosolventna boja koja ima širi gamut samo u $+a^*$ području (jako zagasite boje), dok UV pokazuje iznimno ostvarene tonove u koordinati ljubičasto-plavih te zelenih tonova. Za ovu tiskovnu podlogu za oblaganje bi se za hladnije i tamnije tonove u dizajnu preporučila UV boja, a ekosolventna samo u slučaju da je ton koji prevladava magenta.

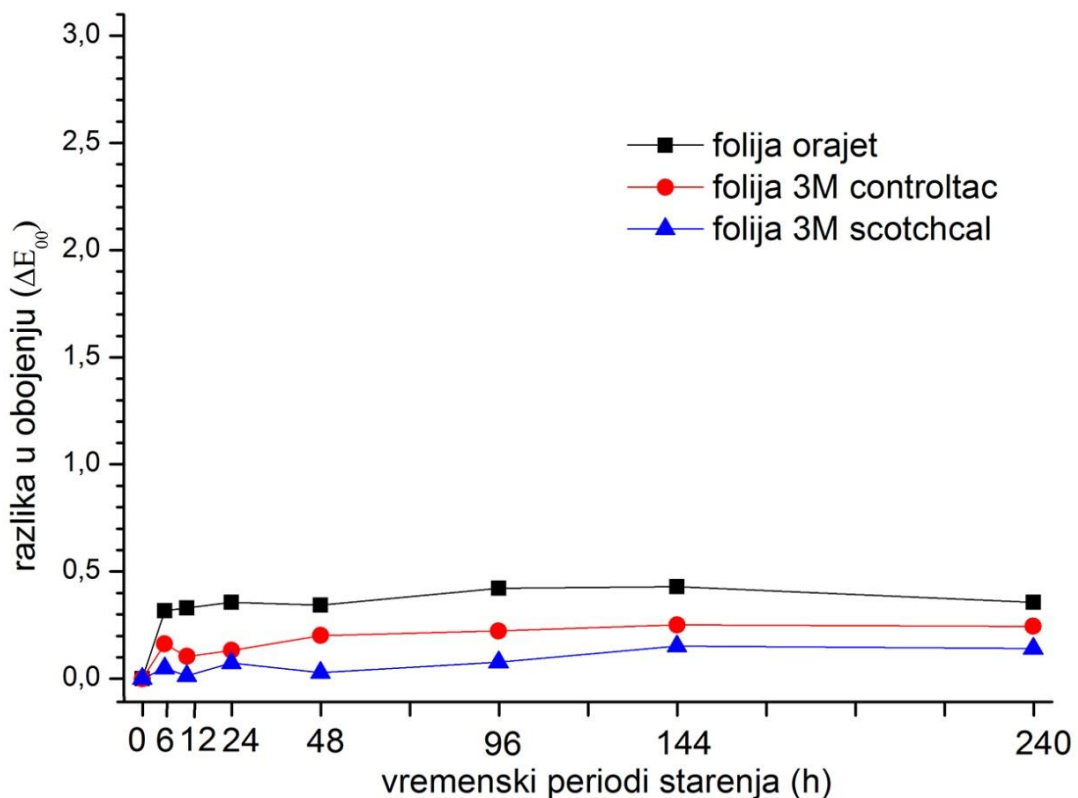


Slika 43. Gamut solventne (Roland EcoSolvent) i UV sušeće (Roland LEC 300) Inkjet boje na foliji Orajet: a) 3D gamut; b) presjek $L^*=80$; c) presjek $L^*=50$; d) presjek $L^*=20$

Na Oracet foliji razlika volumena reproduciranih gamuta iznosi $\Delta V = 104\,437$ gamutnih jedinica. Ona je dobivena između volumena $V_{UV} = 1\,066\,461$ i $V_{SOL} = 962\,024$. Pri velikim svjetlinama reproducirani tonovi su vrlo sličnog opsega, (kao na foliji 3M Controltac). Gamut UV sušeće boje je malo pomaknut u smjeru $+b^*$ u usporedbi s onim za solventnu boju). Nijanse UV sušeće boje sa svjetlinom oko $L^* = 50$ pokrivaju veću gamutnu površinu u područjima crvenih, žutih, zelenih i cijan tonova. Gamut Rolandove solventne Inkjet boje reproducira više tonova u području ljubičasto-plave i magente. Ipak, tonovi s malim vrijednostima svjetline ($L^* = 20$), koji su nastali primjenom UV sušeće boje, reproduciraju jako mali raspon tonova (između ljubičasto-plave i magenta tonova). Ekosolventna Inkjet boja pokazuje dobru reprodukciju svih svijetlih nijansi, s naglaskom na područje IV. kvadranta koordinatnog sustava.

5.2. Rezultati kolornih promjena korištenih Wrap folija za oblaganje

Starenje je proces djelovanja atmosferskih prilika (temperature, relativne vlažnosti zraka, zračenja itd.) na neku podlogu u dužem vremenskom periodu. Promjene u obojenju prilikom starenja otisaka mogu biti uzrokovane i promjenama same podloge. Prije analize promjena kolornih otisaka, bilo je potrebno utvrditi koliko su se mijenjale same tiskovne podloge i jesu li one uzrokovale promjene u samom obojenju. Samim time će se usporediti promjene na sve tri Wrap folije koje su korištene u eksperimentu. Na slici 44 prikazana je dinamika kolornih promjena bijelih folija namijenjenih za wrappiranje automobila.



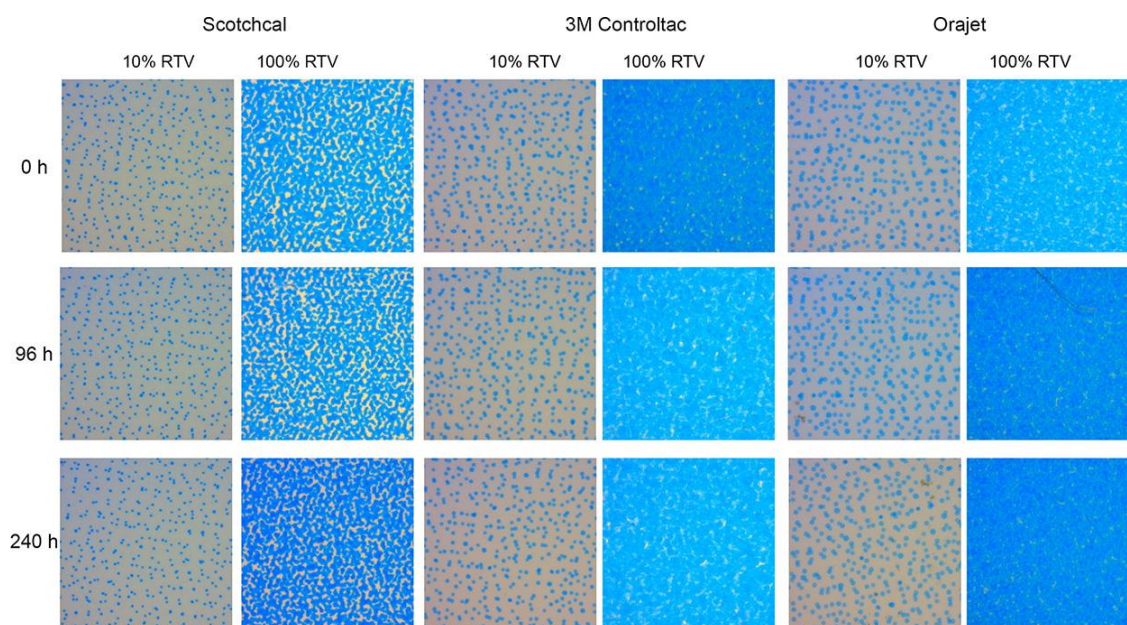
Slika 44. Razlike u obojenju bijelih Wrap folija unutar 240 sati

Za sve tri testirane folije može se reći da se vrlo stabilne te da tijekom starenja (240h) nisu ostvarene oku vidljive promjene. S grafikona na slici 36. je vidljivo da su ipak najveće promjene nastale na foliji Orajet, a najmanje na 3M Scotchcal. Najveće promjene su se dogodile već na početku eksperimentalnog starenja uzoraka (nakon 6 h u komori), a one iznose $\Delta E_{\text{Orajet}}=0,31$, $\Delta E_{\text{Controltac}}=0,16$ i $\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,05$. Daljnje promjene tijekom vremena od 240 sati nisu se ostvarile, te su na kraju iznosile: $\Delta E_{\text{Orajet}}=0,35$, $\Delta E_{\text{Controltac}}=0,24$ i $\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,14$.

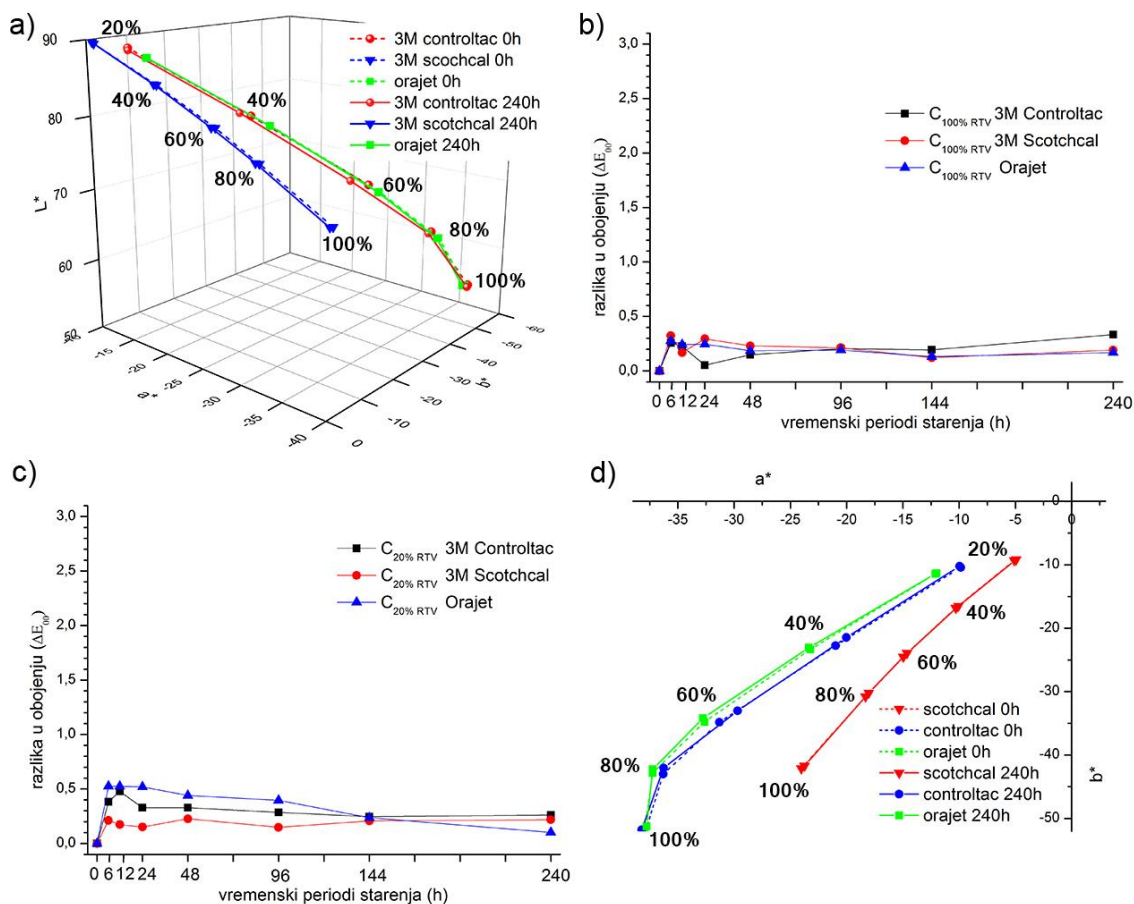
5.3. Rezultati promjena kolornih otisaka na Wrap folijama za oblaganje

Ekosolventna Inkjet boja

Ekosolventna Inkjet boja suši mehanikom isparavanja otapala. To se događa nakon procesa otiskivanja (udarom kapljice boje o tiskovnu podlogu). Pritom se obavezno smanjuje debljina ostvarenog sloja boje. Prednost eko solventne boje pred UV sušećom je ekološka prihvatljivost (manje negativnih učinaka na čovjeka i okoliš). Kolorimetrijskom analizom utvrđeno je kako su se mijenjali tonovi procesnih boja čija pokrivenost iznosi 100% i 10% RTV vrijednosti. Tako je prikazano djelovanje starenja po L*, a* i b* koordinatama iz kojih su izračunate razlike u obojenju (ΔE_{00}). Ukupno je napravljeno 7 mjerenja (t= 6 h, 12 h, 24 h, 48 h, 96 h, 144 h i 240 h) koja su komparirana s nultim mjerenjem (t=0 h). Na slikama 45 i 46 prikazani su rezultati mjerenja na uzorcima cijan solventne boje, na sve tri tiskovne podloge.



Slika 45. Mikroskopske snimke otisnutih cijan ekosolventnih Inkjet uzoraka na tri Wrap folije, u periodima starenja od 0 h, 96 h i 240 h



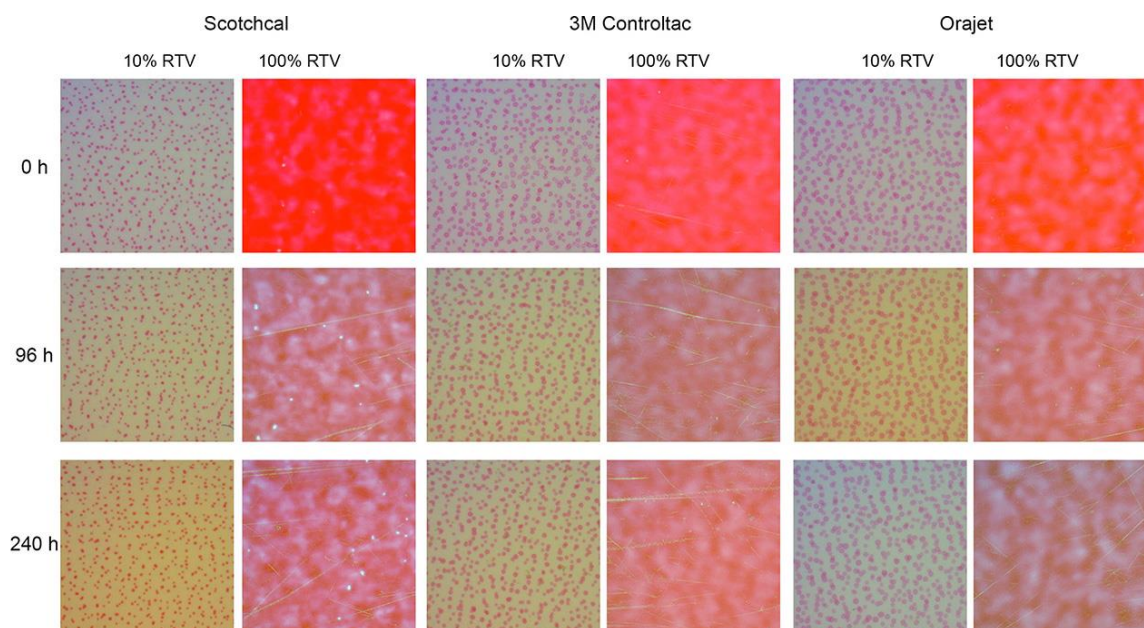
Slika 46. Promjene cijan solventne Inkjet boje nakon 0 i 240h; a) $L^*a^*b^*$ vrijednosti; b) ΔE_{00} za polja od 20% RTV; c) ΔE_{00} za polja od 100% RTV; d) promjena a^*b^* vrijednosti

Tijekom eksperimentalnog starenja vrijednošću najveće promjene nastale su u svjetlini (L^* dimenzija). Takve promjene ističu se na 3M vinilnoj Controltac i Orajet PVC foliji. Puno veće promjene su se dogodile u kromatičnosti (a^* i b^* dimenzije), što prikazuje slika 46.d). Na foliji 3M Scotchcal vidljive su tek male promjene na poljima srednjih tonova.

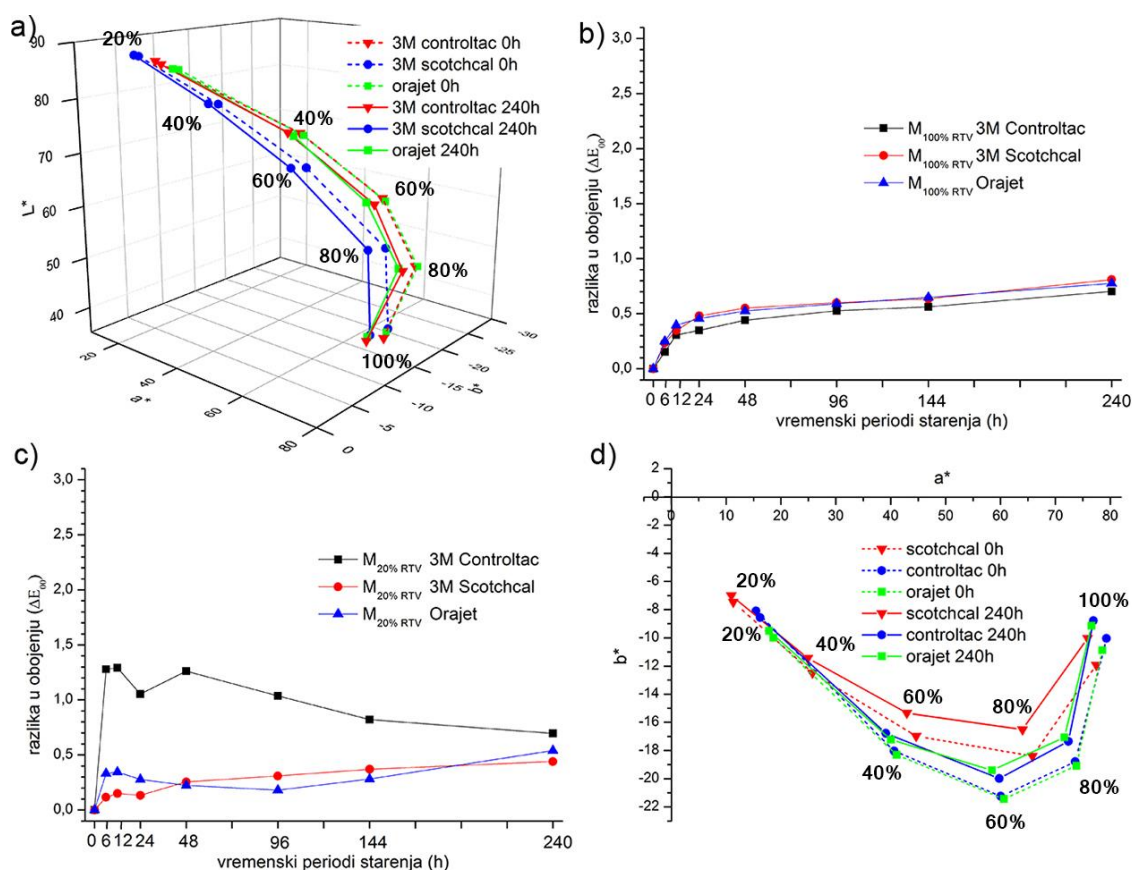
Puno veće promjene nastale su na 3M Controltac foliji, također na poljima srednjih vrijednosti. Nakon 240 h cijan obojenje je pomaknuto u prema ishodištu, što vjerojano znači manju zasićenost cijan boje. Promjene obojenja cijan otisaka sa maksimalnom pokrivenošću (puni ton) su manje od rastriranih (20% RTV). Ta razlike su još uvijek nevidljive golim okom (slika 46.a). Vidljivo je da su najveće promjene nastale na početku (nakon prvih 6 sati, $\Delta E_{\text{Orajet}}=0,27$, $\Delta E_{\text{Controltac}}=0,25$ i $\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,32$.) i da se tijekom

starenja ΔE_{00} vrijednosti nisu puno mijenjale. Izuzetak je period od 144 h i 240 h, gdje se vidi porast razlika u obojenju za 3M Controltac foliju ($\Delta E_{t=240h}=0,33$). Za najsvjetlija polja (od 20% RTV-a), vidljiv je isti trend, tj. najveće promjene ostvarene su nakon 6 h (slika 46.c). U tom trenutku razlike su u obojenju iznosile: $\Delta E_{\text{Orajet}}=0,52$, $\Delta E_{\text{Controltac}}=0,38$ i $\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,21$.

Također je zamijećeno i smanjenje ΔE_{00} vrijednosti, posebno za foliju Orajet ($\Delta E_{t=240h}=0,10$). Mirokopske snimke potvrđuju ovakav rezultat, pokazujući da su polja cijan tona postala tamnija nakon 240 h starenja u Xenon komori. Također, s obzirom na vrlo male razlike u obojenjima prikazane krivuljama, mora se računati i na mogućnost pogreške mjernog uređaja (tolerancija pogreške je veća od izmjerenih vrijednosti razlika u obojenju).



Slika 47. Mikroskopske snimke otisnutih magenta ekosolventnih Inkjet uzoraka na tri Wrap folije, u periodima starenja od 0 h, 96 h i 240 h

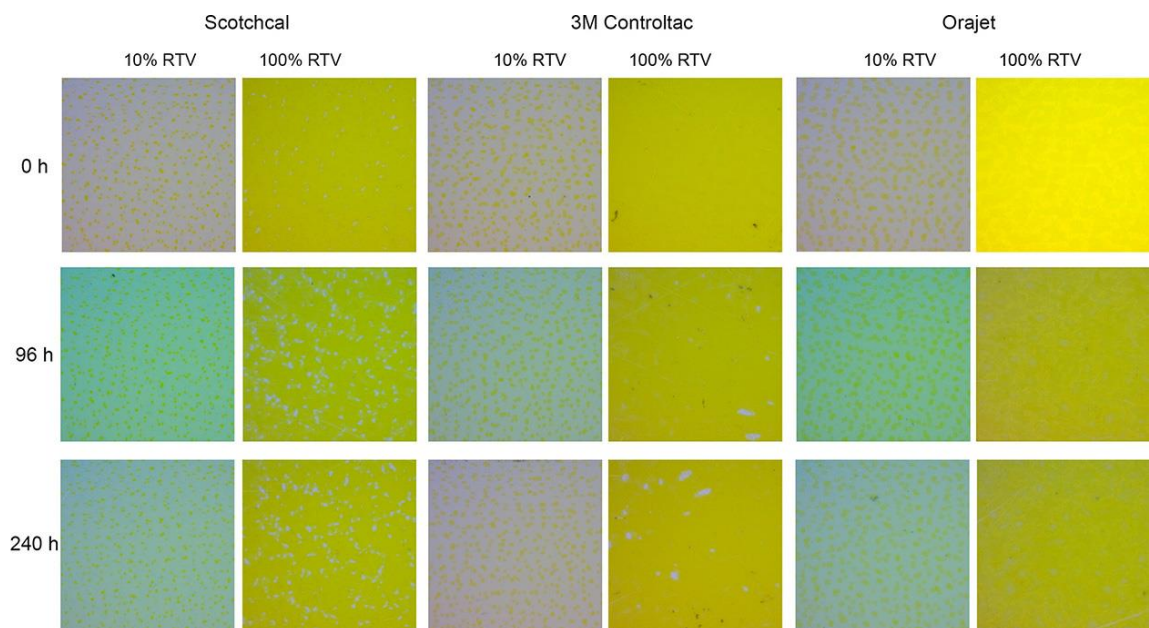


Slika 48. Promjene magenta solventne Inkjet boje nakon 0 i 240h; a) $L^*a^*b^*$ vrijednosti; b) ΔE_{00} za polja od 20% RTV; c) ΔE_{00} za polja od 100% RTV; d) promjena a^*b^* vrijednosti

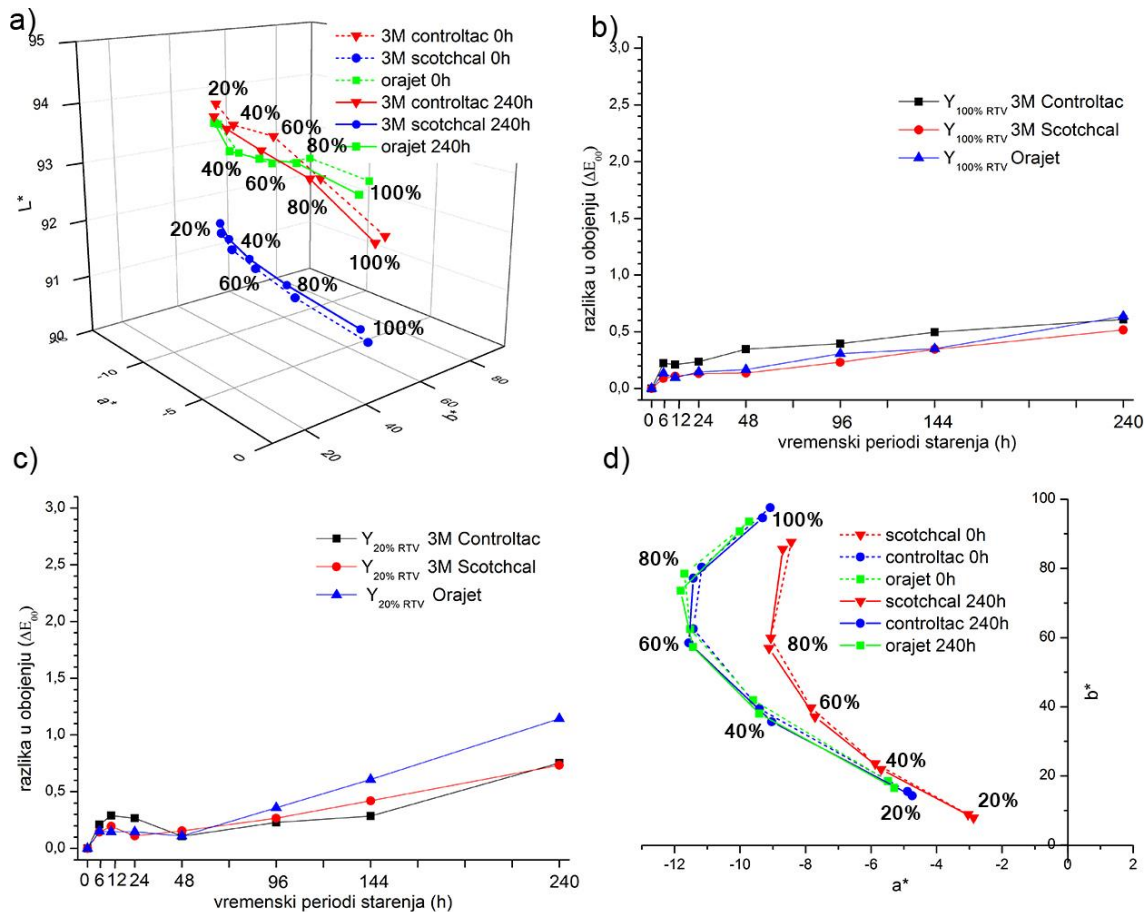
Kod $L^*a^*b^*$ izmjerenih vrijednosti za magenta solventnu Inkjet boju vidljivo je da su se dogodile minimalne promjene u svjetlini. To je posebno vidljivo na poljima od 60% i 80% RTV (na folijama 3M Controltac i Orajet). Kod 3M Scotchcal folije to nije slučaj. Eksperimentalnim starenjem (240 h) dogodile su se veće promjene u kromatičnosti, odnosno a^* i b^* koordinatama (slika 48.d). Najveća promjena ostvarena je za foliju Orajet ($\Delta a^*_{60\%}=2,19$, $\Delta b^*_{60\%}=2,04$). Na foliji 3M Controltac najveća razlika ostvaruje se na poljima s najvećom pokrivenošću: $\Delta a^*_{100\%}=2,38$ i $\Delta b^*_{100\%}=1,27$, dok je na foliji Scotchcal manja i iznosi: $\Delta a^*_{80\%}=1,84$ i $\Delta b^*_{80\%}=1,88$. Općenito, magenta se pri starenju najviše promijenila u smjeru $-b^*$ (plavoj) osi. Na punom tonu (slika 48.b), vidi se ista tendencija promjene u obojenju ΔE_{00} . Na vinilnim folijama 3M Scotchcal i Controltac

promjene su skoro identične (Scotchcal $\Delta E_{240h} = 0,81$, Controltac $\Delta E_{240h} = 0,70$). Stoga prema dobivenim krivuljama bi se dalo zaključiti da bi nakon dužeg vremena ove promjene mogle dostići vrijednosti razlika vidljivih golim okom. Na poljima od 20% RTV (slika 48.c) za folije Scotchcal i Orajet se vidi ista tendencija kolornih promjena (Scotchcal $\Delta E_{240h} = 0,44$, Orajet $\Delta E_{240h} = 0,54$). Kod otiska na foliji Controltac s obostrano polietilenom premazanim linerom najveća promjena u obojenju dogodila se nakon 12 h starenja ($\Delta E_{12h} = 1,29$). Daljnje opadanje krivulje se može protumačiti kao nesavršenost mjernog uređaja, ali i anomalije otiska na jednom dijelu ili rezultat promjena u obojenju na tiskovnoj podlozi.

Žuta boja je posebno karakteristična zbog izrazitog udjela svjetline u obojenju. Zbog toga je i osjetljivija pri izloženosti svjetlu i visokoj temperaturi. Općenito, za žutu boju se uvijek očekuju najveće kolorne promjene (u usporedbi CMYK boja) što je dokazano u brojnim znanstvenim radovima. [28]



Slika 49. Mikroskopske snimke otisnutih žutih ekosolventnih Inkjet uzoraka na tri Wrap folije, u periodima starenja od 0 h, 96 h i 240 h

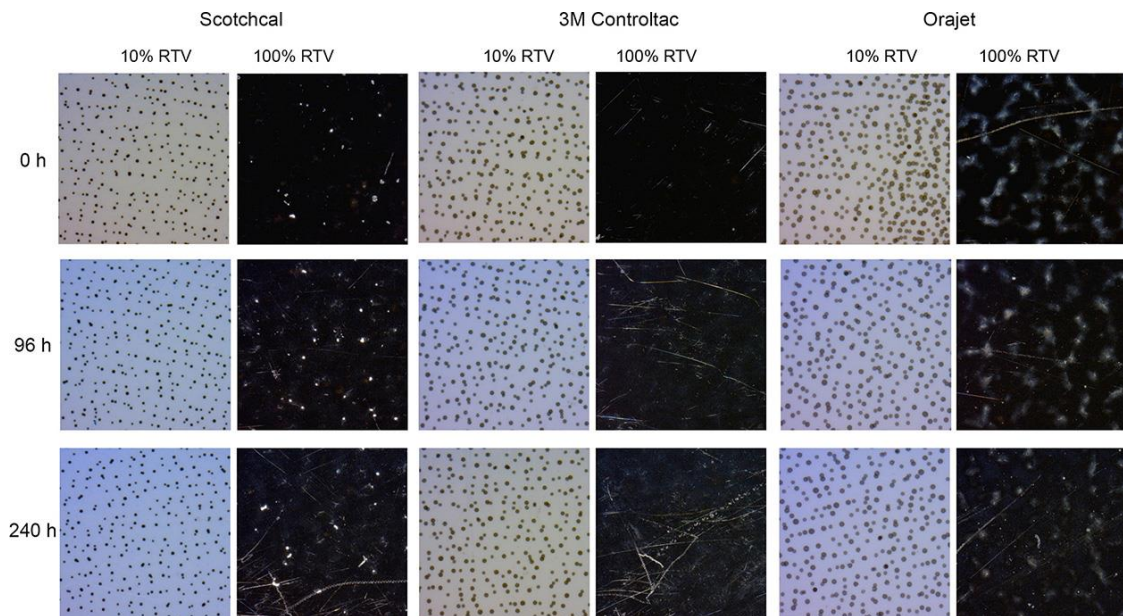


Slika 50. Promjene žute solventne Inkjet boje nakon 0 i 240h; a) $L^*a^*b^*$ vrijednosti; b) ΔE_{00} za polja od 20% RTV; c) ΔE_{00} za polja od 100% RTV; d) promjena a^*b^* vrijednosti

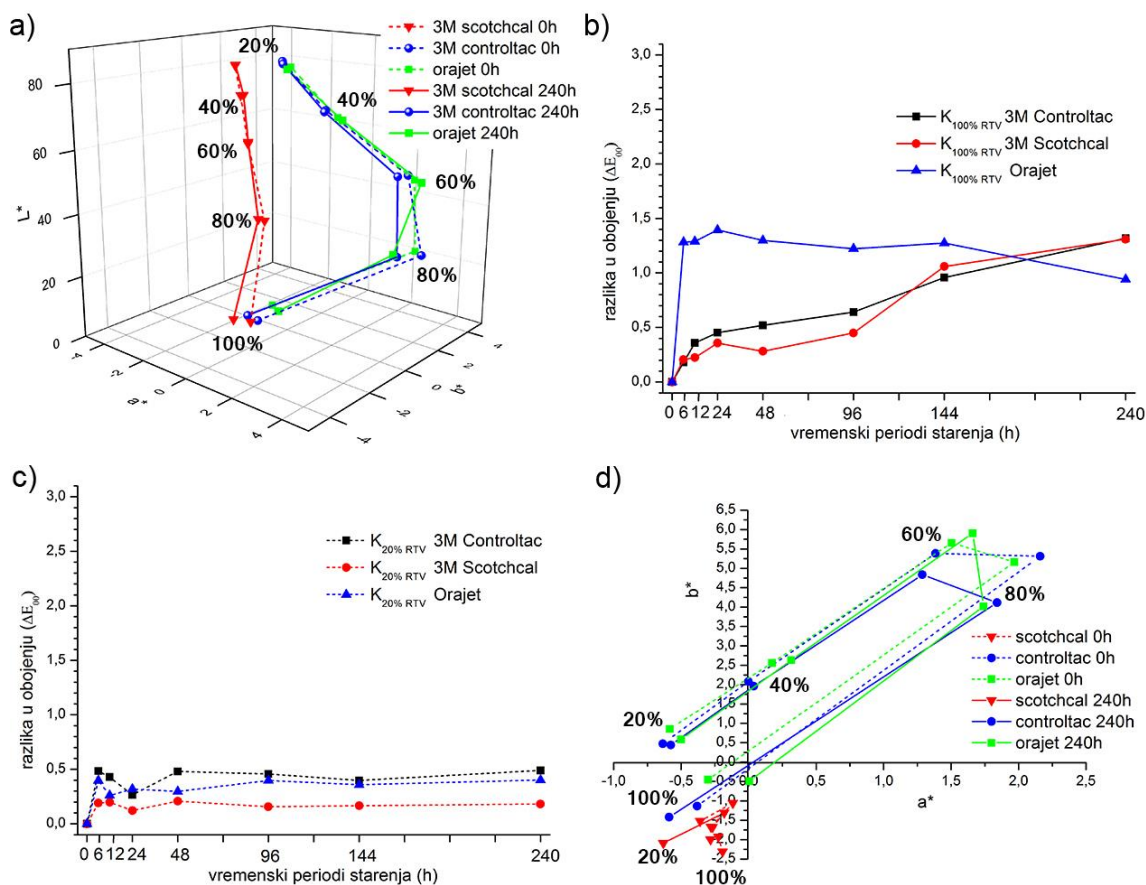
Usporedbom ostvarenih kolorimetrijskih krivulja otisnutih na Wrap folijama može se zaključiti da su se najveće promjene dogodile po osi z (svjetlina). Tako se najveća razlika detektira na krivuljama Orajet folije ($\Delta L_{100\%}=0,26$). Iako je to vrijednošću najveća promjena, ona nije okom primjetiva. Ipak zamijećena je tendencija rasta koja se ostvaruje dvostrukim ili trostrukim povećanjem vremena svjetlosne ekspozicije.

Na slici 50.d prikazane su vrijednosti žutih otisaka u a^*b^* sustavu. Općenito su sve vrijednosti ostvarile pomak u smjeru $-a^*$ (zelenoj) i $+b^*$ (žutoj) osi. Najveća oscilacija vidi se na otisku od 60% RTV ($\Delta a^*_{\text{Controltac}}=0,13$ i $\Delta b^*_{\text{Controltac}}=4,11$). Puno bolji prikaz promjena Wrap otisaka može se vidjeti iz grafikona b i c. Na poljima od 100% RTV

(50.b) tijekom starenja izmjerene vrijednosti razlika u obojenju linearno rastu ($\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,51$, $\Delta E_{\text{Controltac}}=0,60$ i $\Delta E_{\text{Orajet}}=0,63$). Također, isti trend se vidi i u mjerenjima polja od 20% RTV ($\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,73$, $\Delta E_{\text{Controltac}}=0,75$ i $\Delta E_{\text{Orajet}}=1,14$). Ovakvi rezultati se mogu pripisati prirodi žutog pigmenta i već navedenim svojstvu Wrap folije. Ona će zbog toga najprije izgubiti obojenost zbog djelovanja UV zračenja koji degradiraju kvalitetu kolornog otiska (žuti, zeleni i crveni tonovi).



Slika 51. Mikroskopske snimke otisnutih crnih ekosolventnih Inkjet uzoraka na tri Wrap folije, u periodima starenja od 0 h, 96 h i 240 h



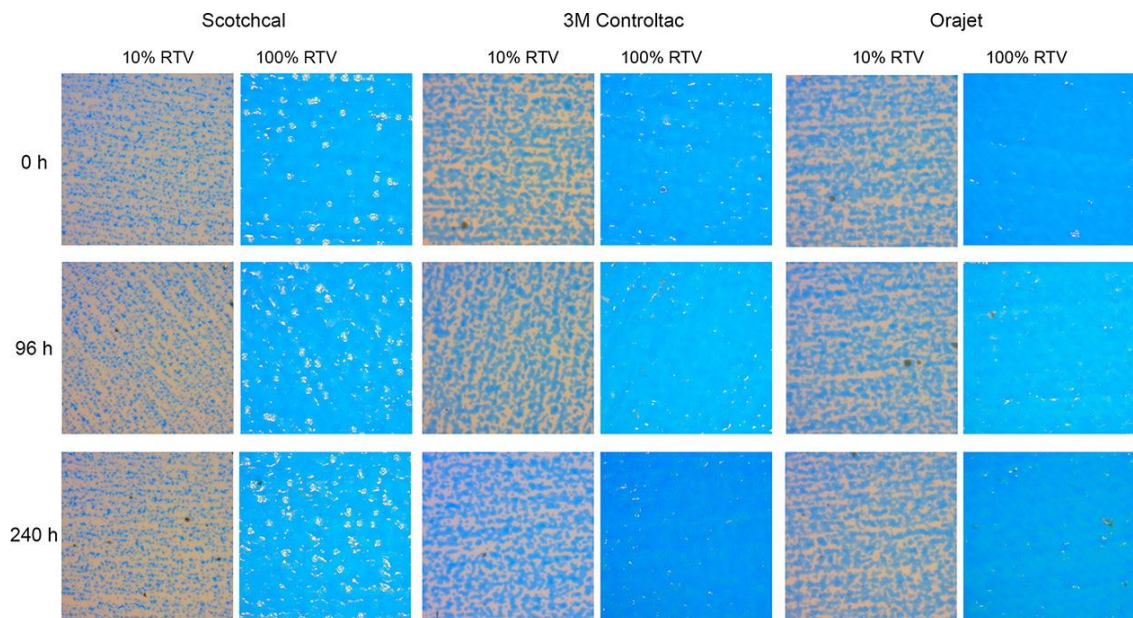
Slika 52. Promjene crne solventne Inkjet boje nakon 0 i 240h; a) $L^*a^*b^*$ vrijednosti; b) ΔE_{00} za polja od 20% RTV; c) ΔE_{00} za polja od 100% RTV; d) promjena a^*b^* vrijednosti

Već s mikroskopskih snimki (slika 52.) vidljivo je da se tijekom starenja crnih otisaka povećava svjetlina. Po kromatičnosti, otisci na foliji 3M Scotchcal pokazali su se najstabilniji, dok su se najveće promjene dogodile na otiscima folije 3M Controltac. Najveće promjene u svjetlini izmjerene su na punom tonu: $\Delta L_{\text{Controltac}}=2,07$; $\Delta L_{\text{Scotchcal}}=1,87$ i $\Delta L_{\text{Orajet}}= 2,18$. Iz grafova na slici 52 vide se ostvarene promjene u kromatičnosti koje su se dogodile u smjeru +a (crvene) i +b (zelene) osi. Najveća kromatska promjena izmjerena je na foliji 3M Controltac za rastrirano polje (80% RTV) ($\Delta a^*_{80\%}=0,32$ i $\Delta b^*_{80\%}=1,19$). Rezultati promjena na 100% crnom otisku (slika 52.b) pokazuju konstantu rasta tijekom trajanja eksperimenta. Najveća promjena na Orajet foliji se dogodila na početku starenja ($\Delta E_{6h}=1,28$). Nakon toga dolazi do stabilizacije i su ostali

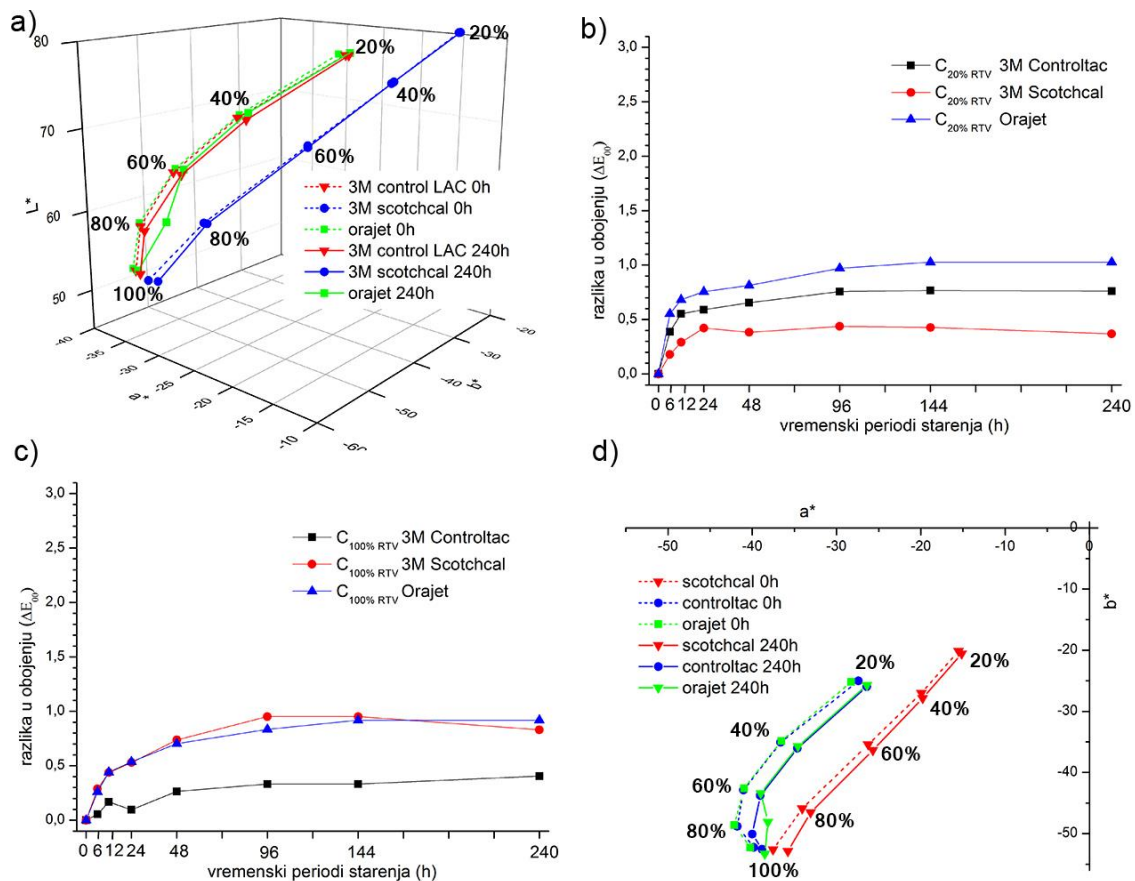
približno istog iznosa kroz narednih 240 sati ($\Delta E_{240h}=0,94$). Međutim, mjerenja s otisaka na 3M Controltac i Scotchcal folijama pokazuju linearan rast razlika u obojenju (Scotchcal $\Delta E_{240h}=1,31$, Controltac $\Delta E_{240h}=1,32$). Na poljima od 20% RTV (slika 52.c) vidi se drugačiji trend promjena crnih otisaka. Nakon 6 sati starenja, sve tri krivulje približno su jednakih vrijednosti (Scotchcal $\Delta E_{6h}=0,19$, Controltac $\Delta E_{6h}=0,48$ i Orajet $\Delta E_{6h}=0,39$). Nakon 240 h ne događaju se nikakve značajne promjene i one iznose: Scotchcal $\Delta E_{6h}=0,18$, Controltac $\Delta E_{6h}=0,49$ i Orajet $\Delta E_{6h}=0,40$. Takve ostvarene promjene nisu velike, međutim nazire se trend: najmanje promjene su ostvarene na 3M Scotchcal foliji, dok se rezultati za folije 3M Controltac i Orajet izmjenjuju (ovisno o boji i rastertonskoj vrijednosti).

UV sušuća Inkjet boja

UV sušuća Inkjet boja suši polimerizacijom koja započinje djelovanjem ultraljubičastog elektromagnetnog zračenja. Zbog kratkog sušenja otisak ostvaruje relativno debeli sloj otisnute boje, koji se vremenom ne smanjuje. Također, ovakva Inkjet boja je puno otpornija na atmosferilije od solventne Inkjet boje jer u sebi sadrži veliki postotak otapala. Na slikama 54, 56, 58 i 60 su prikazane kolorne promjene UV otisaka nastale ubrzanim starenjem u SolarBox komori. Oni su prikazani u CIE ΔE_{00} i CIE $L^*a^*b^*$ obliku i jasno pokazuju nastale razlike UV sušuće boje u odnosu na tri Wrap tiskovne podloge.



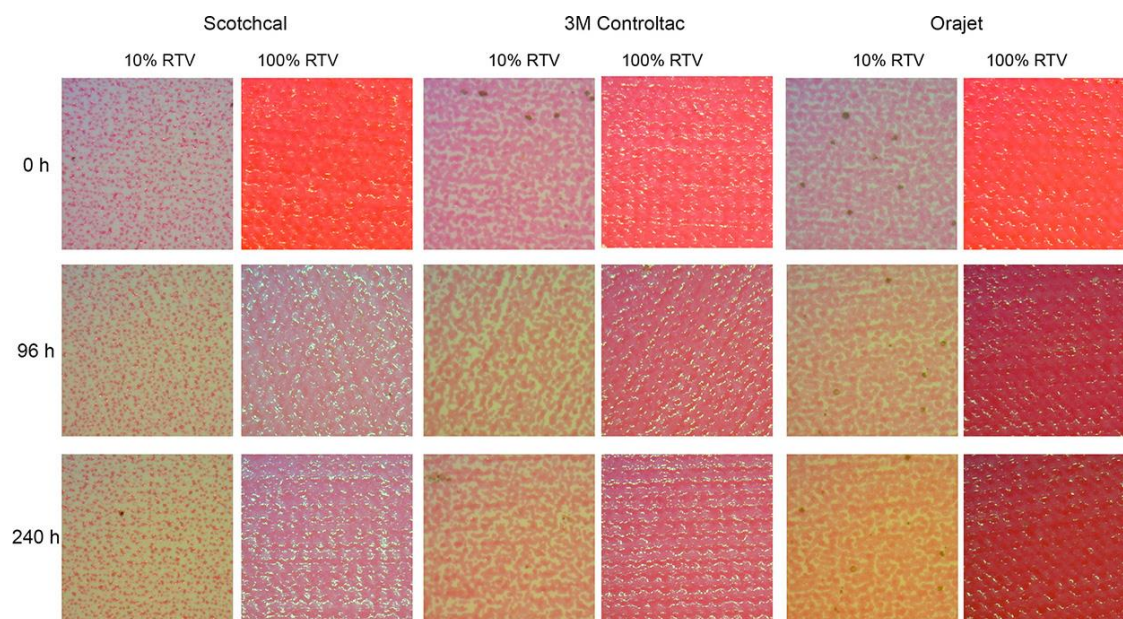
Slika 53. Mikroskopske snimke otisnutih cijan UV sušućih Inkjet uzoraka na tri Wrap folije, u periodima starenja od 0 h, 96 h i 240 h



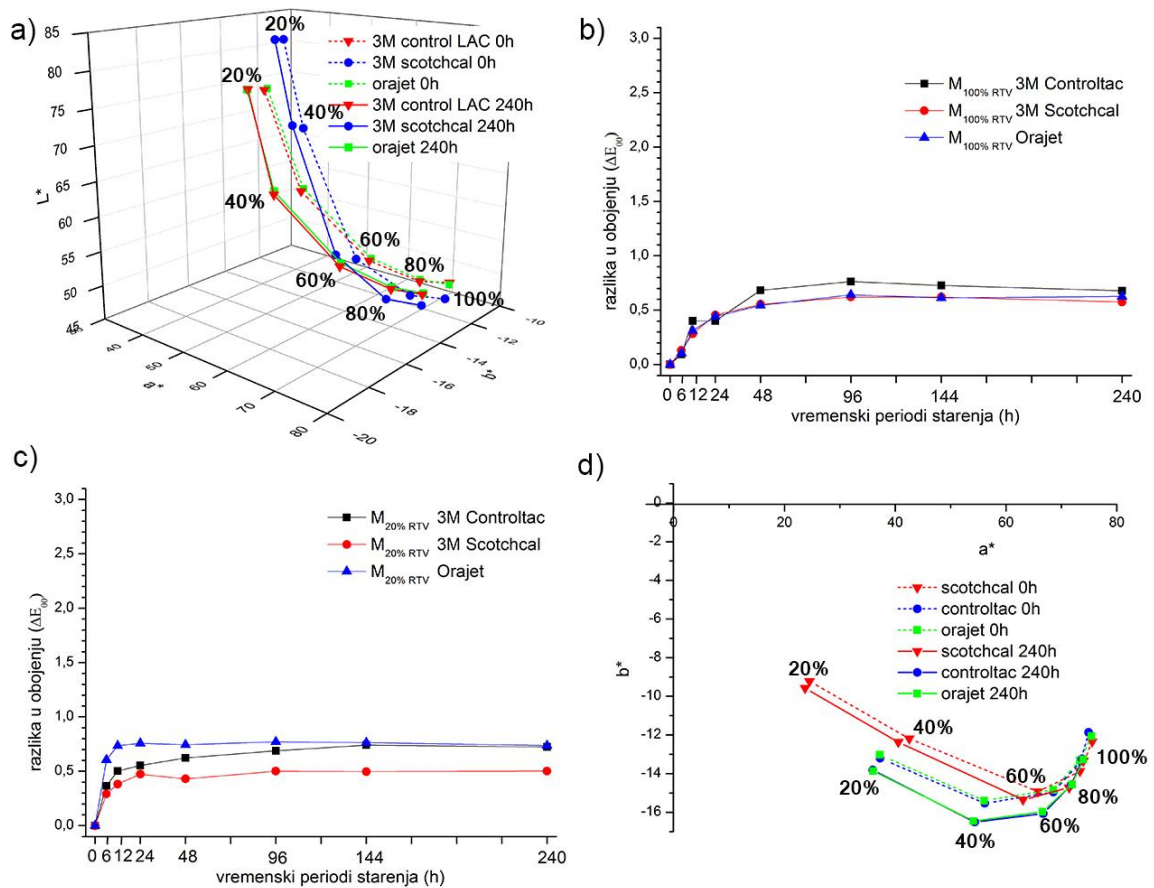
Slika 54. Promjene cijan UV sušeće Inkjet boje nakon 0 i 240h; a) $L^*a^*b^*$ vrijednosti; b) ΔE_{00} za polja od 20% RTV; c) ΔE_{00} za polja od 100% RTV; d) promjena a^*b^* vrijednosti

Iz grafikona na slici 54.a vidi se da se tijekom starenja od 240 sati, svjetlina otisaka minimalno promijenila (najveća promjena se dogodila na Orajet foliji $\Delta L_{80\%}=0,92$). Isto tako, dogodile su se i promjene u kromatičnosti (slika 54.d). Najviše na foliji Orajet, na tročtvrtinskim nanosom boje ($\Delta a^*_{80\%}=3,99$, $\Delta b^*_{80\%}=0,51$). Općenito, kolorne vrijednosti za UV sušeću cijan boju su se promijenile u smjeru $-a$ osi (zeleno). Na slici 54.b prikazane su razlike u obojenju mjerene na poljima od 20% RTV. Najveće promjene ΔE_{00} ostvarene su nakon $t=240$ h ($\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,37$, $\Delta E_{\text{Controltac}}=0,76$ i $\Delta E_{\text{Orajet}}=1,02$). Razlika u obojenju cijan punih tonova (slika 54.c) naglo se je promijenila nakon prvih 6 sati, nakon čega su razlike u obojenju dostižu sljedeće vrijednosti: Scotchcal $\Delta E_{144h}=\dots$

0,95, Controltac $\Delta E_{40h} = 0,41$ i Orajet $\Delta E_{240h} = 0,91$. Očekivano, najveće promjene su se dogodile na PVC Orajet foliji, a najmanje na 3M vinilnoj Scotchcal foliji.



Slika 55. Mikroskopske snimke otisnutih magenta UV sušćih Inkjet uzoraka na tri Wrap folije, u periodima starenja od 0 h, 96 h i 240 h

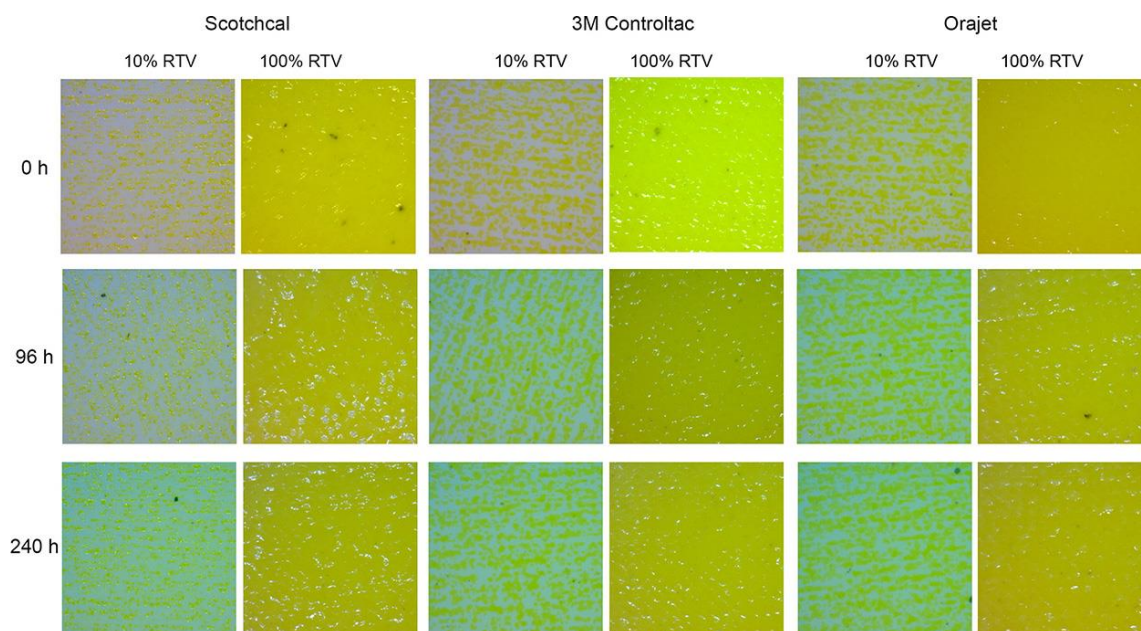


Slika 56. Promjene magenta UV sušeće Inkjet boje nakon 0 i 240h; a) $L^*a^*b^*$ vrijednosti; b) ΔE_{00} za polja od 20% RTV; c) ΔE_{00} za polja od 100% RTV; d) promjena a^*b^* vrijednosti

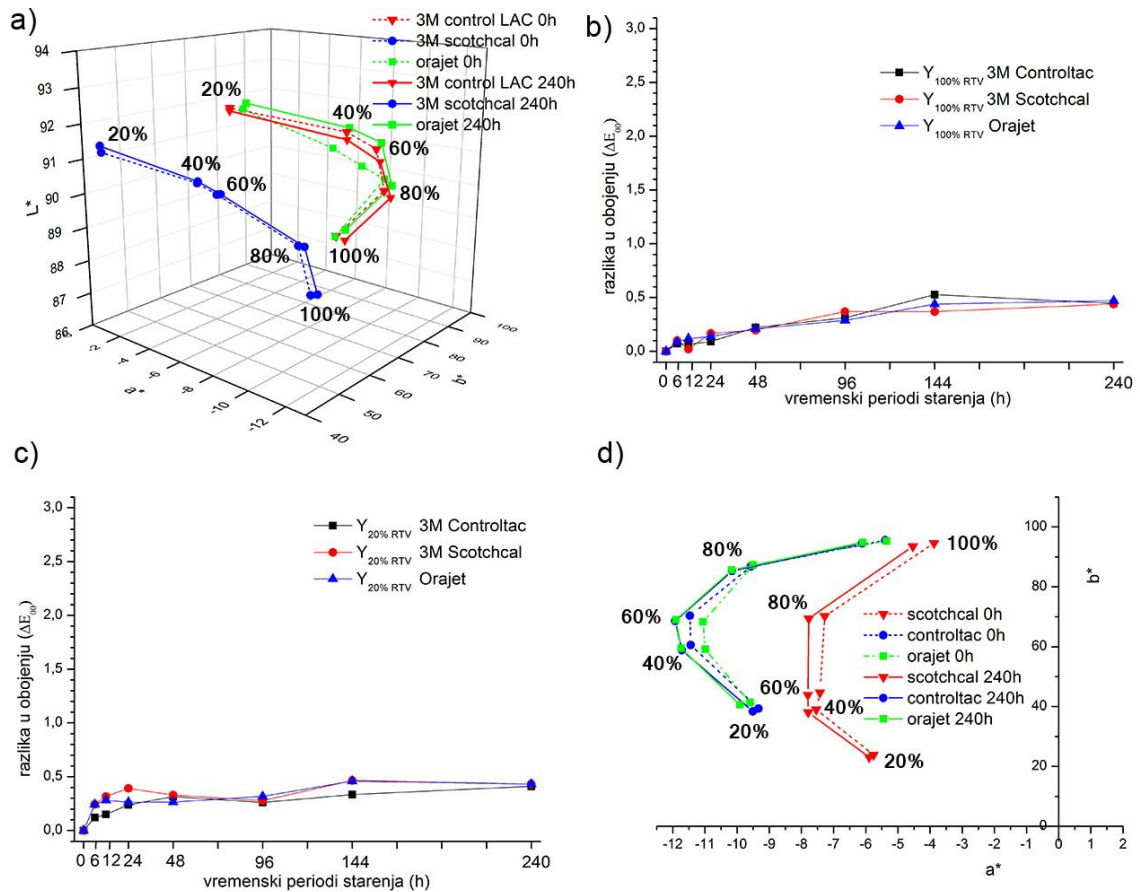
Iz izmjerenih $L^*a^*b^*$ podataka za magenta UV sušeću Inkjet boju (slika 56.a) može se uočiti da su ostvarene razlike u svjetlini slične kao i kod cijan boje. Tijekom eksperimentalnog starenja najveća promjena nastala na Orajet foliji te iznosi: $\Delta L_{20\%}=0,95$. Promatrajući samo parametar kromatičnost (slika 56.d), vidljivo je da su obojenja otisaka na sve tri folije pomaknuta najviše u smjeru $-b^*$ (plave) osi. Kao i u prijašnjim slučajevima, najmanje razlike su se dogodile na 3M Scotchcal foliji, i one su nastale u smjeru $+a^*$ (crvene) osi ($\Delta a^*_{60\%}=2,7$, $\Delta b^*_{60\%}=0,42$). Krivulje za magenta otiske na Orajet i 3M Controltac folijama imaju identičan oblik. Najveće razlike za Orajet foliju iznose: $\Delta a^*_{80\%}=1,45$ i $\Delta b^*_{80\%}=1,25$, a za foliju 3M Controltac: $\Delta a^*_{100\%}=1,15$ i $\Delta b^*_{100\%}=1,38$. Za polja punog tona (slika 56.b) može se vidjeti da su rezultati za folije

3M Scotchcal i Orajet skoro identične. To nikako nije očekivano. Jedina razlika se pojavljuje nakon starenja od 240 h, kada je promjena na foliji 3M Scotchcal manja od Orajet folije (za $\Delta E=0,05$). U toj točki ostvarene kolorne promjene iznose: $\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,57$ i $\Delta E_{\text{Orajet}}=0,62$. Najveće devijacije pokazuju magenta otisci na 3M Controltac foliji ($\Delta E_{\text{Controltac}}=0,68$).

Na slici 56.c prikazani su rezultati kolornih promjena, za polja od 20% RTV gdje se uočava trend da se povećavanjem vremena starenja vrijednosti izmjerenih promjena na folijama Orajet i 3M Controltac izjednačavaju (preklapaju nakon 240 h). U tom trenutku su razlike u obojenju iznosile: $\Delta E_{\text{Orajet}}=0,73$, a $\Delta E_{\text{Controltac}}=0,72$. Izmjerene vrijednosti za foliju 3M Scotchcal su najniži u istom mjerenom trenutku te iznose $\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,50$. Ovakve kolorne promjene ostaju iste i nakon perioda između 48 i 96 sati starenja. Samim time bi bilo zanimljivo istražiti je li se isti uzorak nastavio ponašati i nakon daljnjeg povećanja vremena starenja te je li došlo do određenih povećavanja (npr. dvije godine realnog vremena pod istim uvjetima starenja).



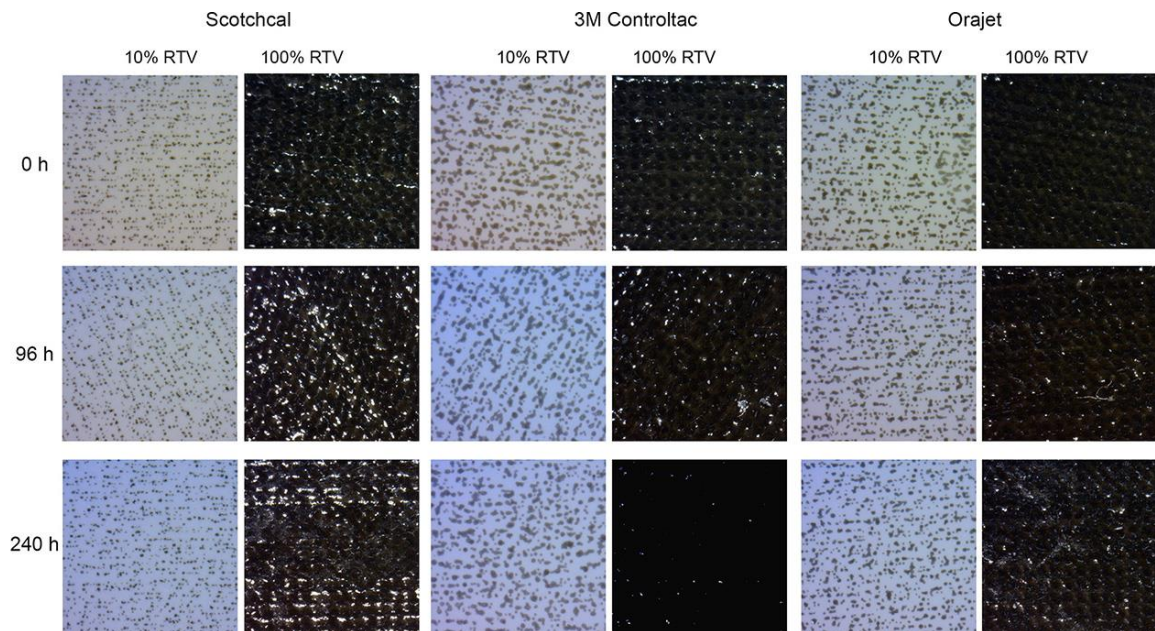
Slika 57. Mikroskopske snimke otisnutih žutih UV sušućih Inkjet uzoraka na tri Wrap folije, u periodima starenja od 0 h, 96 h i 240 h



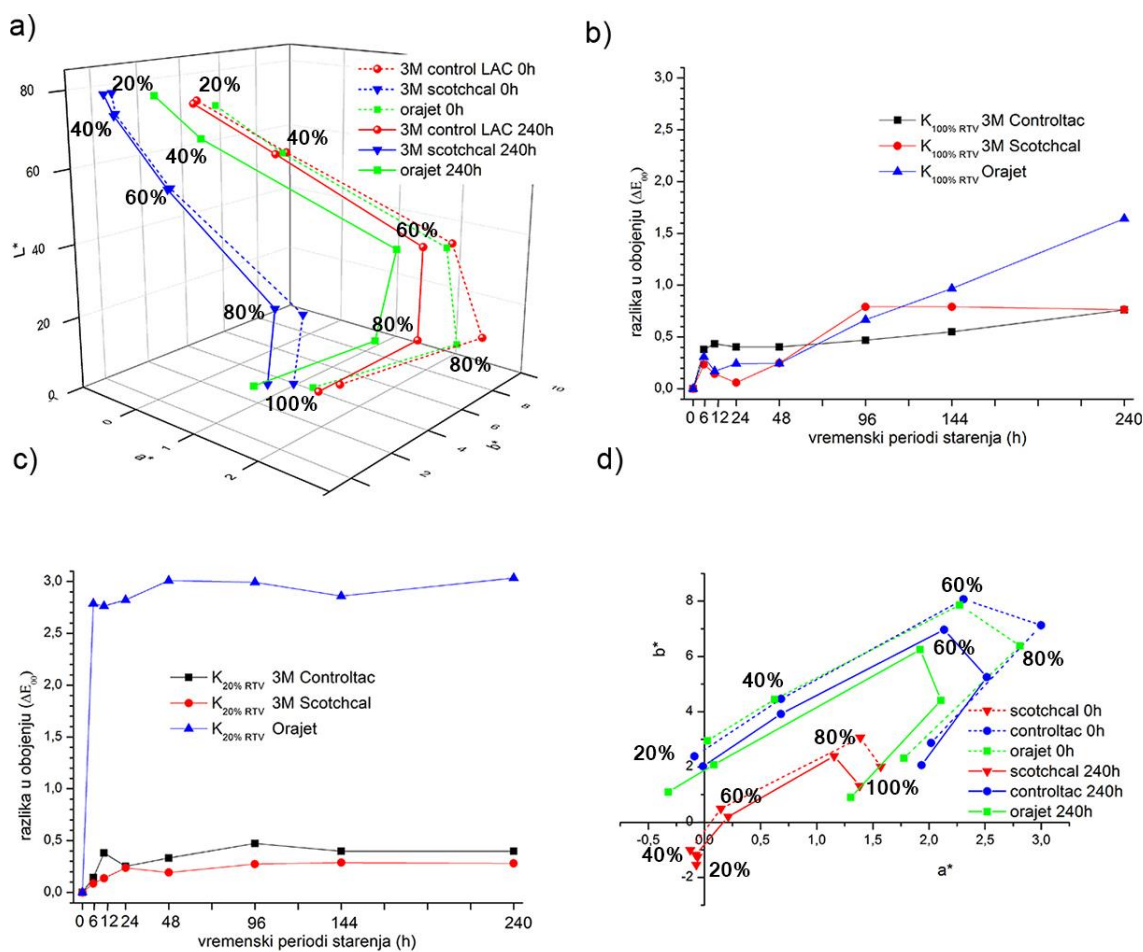
Slika 58. Promjene žute UV sušeće Inkjet boje nakon 0 i 240h; a) $L^*a^*b^*$ vrijednosti; b) ΔE_{00} za polja od 20% RTV; c) ΔE_{00} za polja od 100% RTV; d) promjena a^*b^* vrijednosti

Kolorne vrijednosti nultog mjerenja i završenog mjerenja ($t=240$ h) pokazuju da se najveća promjena u svjetlini UV žutih Inkjet otisaka dogodila na foliji Orajet, ($\Delta L_{60\%}=0,69$). Iz istog grafa također je vidljivo i da su se veće promjene dogodile u kromatičnosti, (slika 58.d). Općenito se može primijetiti da svi otisci žute boje (na različitim podlogama) imaju različitu promjenu u kromatičnosti. Ipak, otisak na 3M Scotchcal foliji ima izmjerenu vrijednosti na a^* osi puno bliže ishodištu koordinatnog prostora. Promjene tijekom starenja dogodile su se najviše u smjeru $-a^*$ (zelene) osi te minimalno u smjeru $+b^*$ osi. Najveće promjene po a^* osi izmjerene su na otiscima Orajet Wrap folije ($\Delta a_{60\%}=0,85$, $\Delta b_{60\%}=0,72$). Na žutim poljima sa 100% pokrivenosti, razlike u obojenju linearno rastu do perioda od 144 h. Od tog trenutka promjene su konstantne.

Tako će nakon starenja od 144h promjene iznositi: $\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,36$, $\Delta E_{\text{Controltac}}=0,42$ i $\Delta E_{\text{Orajet}}=0,43$, a nakon 240 h iznose $\Delta E_{\text{Orajet}}=0,47$. Na rastriranim poljima su rezultati slični. To znači da su se tijekom starenja žuti otisci na foliji 3M Controltac najmanje promijenili. Međutim, na kraju eksperimenta ($t=240h$), sve vrijednosti su se ujednačile ($\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,43$, $\Delta E_{\text{Controltac}}=0,41$ i $\Delta E_{\text{Orajet}}=0,43$). Ovakve promjene su minimalne, ali je za očekivati da bi se s povećanjem vremena eksperimentalnog starenja mogle povećati.



Slika 59. Mikroskopske snimke otisnutih crnih UV sušćih Inkjet uzoraka na tri Wrap folije, u periodima starenja od 0 h, 96 h i 240 h



Slika 60. Promjene crne UV sušće Inkjet boje nakon 0 i 240h; a) $L^*a^*b^*$ vrijednosti; b) ΔE_{00} za polja od 20% RTV; c) ΔE_{00} za polja od 100% RTV; d) promjena a^*b^* vrijednosti

Promjene uzrokovane starenjem crnih UV otisaka prikazane su na slici 60. U odnosu na šarene (CMY) boje, crna pokazuje puno veće promjene u svjetlini ($\max. \Delta L_{\text{Orajet}}=5$). Također, uočljive su velike promjene u kromatičnosti (slika 60.d). Posebno su se promijenila polja većih RTV vrijednosti otisnuta na 3M Scotchcal foliji ($\Delta a_{100\%}=0,19$ i $\Delta b_{100\%}=0,69$), ali i polja srednjih vrijednosti otisnuta na Orajet i 3M Controltac folijama. Te vrijednosti iznose: Orajet $\Delta a_{40\%}=0,57$ i $\Delta b_{40\%}=2,37$ te Controltac $\Delta a_{80\%}=0,49$ i $\Delta b_{80\%}=1,88$. Analizom polja punog tona otisnutog crnom UV bojom, vidljivo je da su razlike s vremenom približno linearno rasle. Nakon perioda od 240 h, vrijednosti ΔE_{00}

iznosile su: $\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,76$, $\Delta E_{\text{Controltac}}=0,76$ te $\Delta E_{\text{Orajet}}=1,64$. Samim time, ovo su jedne od najvećih promjena u obojenju ako se uspoređuju s ostalim eksperimentalnim rezultatima. Posebno je važno istaknuti krivulju s vrijednostima za Orajet foliju koja pokazuje iznimnu tendenciju rasta vrijednosti razlike obojenja. Promjena je vidljiva i na mikroskopskim snimkama te bi s povećanjem vremena starenja i više uočavala. Na grafu koji pokazuje rezultate kolornih promjena za 20% polja crne boje (slika 60.c) se vidi nekarakteristična promjena razlike u obojenju nakon prvih 6 sati starenja ($\Delta E_{\text{Orajet}}=2,78$). Daljnje starenje će izazvati puno manje promjene koje će nakon $t=240$ h iznositi: $\Delta E_{\text{Scotchcal}}=0,28$, $\Delta E_{\text{Controltac}}=0,39$ te $\Delta E_{\text{Orajet}}=3,03$. Ova vrijednost Orajet Wrap folije prelazi granicu tiskarske tolerancije i vidljiva je golim okom. Crna UV boja na podlozi Orajet se iz ovog razloga ne bi trebala koristiti za namjene u kojima bi otisak bio izložen uvjetima starenja jer bi se u vrlo kratkom vremenu mogla vidjeti izrazita razlika u obojenju. Moguće rješenje ovakvog problema bi bilo dodatno lakiranje ili nanošenje dodatnog zaštitnog sloja posebnim laminiranjem.

6. ZAKLJUČAK

Pri analizi eksperimentalno dobivenih rezultata na početku su promatrani gamuti dvaju strojeva na tri korištene podloge. Raspon gamuta pokazuje mogućnosti ali i ograničenja stroja, odnosno bojila, što je bitno znati prije odabira materijala za izvedbu proizvoda. Utvrđeno je da UV sušuća boja (stroj Roland LEC 300) ostvaruje veći volumen gamuta na sve tri podloge. Također, površina u $L^*a^*b^*$ sustavu koju je gamut UV boje više pokrивao je bila u području I., III i IV. kvadranta (žutih, zelenih, cijan i ljubičastoplavih tonova). Ekosolventna boja je ipak pokazala bolju reprodukciju najviše u području čiste magenta boje – II. kvadrant.

Daljnijom analizom promatrane su promjene kolorimetrijskih vrijednosti podloga, pri čemu se pokazalo da se nijedna podloga u razdoblju od 240 h starenja u komori nije promijenila dovoljno da bi razlika bila uočljiva golim okom. Najveće promjene su se dogodile na foliji Orajet, a najmanje na foliji 3M Scotchcal (te razlike iznose: $\Delta E_{\text{Orajet-240h}}=0,35$, $\Delta E_{\text{Controltac-240h}}=0,24$ i $\Delta E_{\text{Scotchcal-240h}}=0,14$). Također, krivulje razlika u obojenjima ne pokazuju tendenciju rasta kroz vrijeme te su sve tri folije zadržale zadovoljavajuća kolorimetrijska svojstva i nakon dužeg perioda starenja.

Općenito se može zaključiti da su solventni otisci pokazali umjerene promjene (niti jedna vrijednost nije prešla granicu vidljivosti golim okom, ali su neke krivulje pokazale tendenciju rasta). Najveće promjene su se dogodile na foliji Orajet, ali je i folija 3M Controltac često pokazivala veće promjene od očekivanih (neke tonske vrijednosti).

Analizom otisaka solventnom Inkjet bojom zaključeno je slijedeće: na foliji Orajet promjene u svjetlini pokazuju magenta, žuti i crni otisci na poljina punog tona. Također, za sve podloge najveće promjene svjetline vidljive su za polja punog tona crne boje ($\Delta L_{\text{Orajet 100\%}}=1,18$, $\Delta L_{\text{Scotchcal 100\%}}=1,87$ te $\Delta L_{\text{Controltac 100\%}}=2,08$). U kromatičnosti su se najveće promjene dogodile u srednjim vrijednostima RTV-a (od 40 do 80%). Najviše na foliji Orajet (posebno za magenta, žute i crne otiske) te na 3M Controltac na cijan otiscima. Pritom, sve razlike u obojenjima nisu prelazile granicu vidljivosti golim okom.

Na cijan otiscima na sve tri folije, su se otisci promijenili skoro identično i ne prelaze vrijednost $\Delta E_{100\% \text{ RTV}}=0,4$. Polja male pokrivenosti pokazala su najveće promjene na foliji Orajet ($\Delta E_{20\% \text{ RTV}}=0,5$). Otisci magenta boje na poljima punog tona pokazuju slične

razlike za folije Orajet i 3M Controltac te u iznose $\Delta E_{240h}=0,7$. Polja na 3M Controltac foliji pokazuju puno veće razlike ($\Delta E_{20\% RTV}=1,3$).

Žuta polja pokazuju da je starenjem odstupanje najvećih promjena vrijednosti razlike u obojenju od $\Delta E=0,6$ (3M Controltac), dok su rastrirana polja pokazala najveće promjene na foliji Orajet ($\Delta E_{20\% RTV 240h}=1,44$). Krivulje s vrijednostima razlika u obojenju za žutu boju pokazuju rast s vremenom starenja koje će nakon dvostruko dužeg vremena biti vidljive golim okom.

Na crnim otiscima punog tona može primijetiti velika promjena u obojenju samo za foliju Orajet, već pri $t=6$ h, dok su vrijednosti na druge dvije folije s vremenom dosegle sličnu vrijednost ΔE . Te vrijednosti iznose: $\Delta E_{Scotchcal 240h}=1,31$, $\Delta E_{Controltac 240h}=1,32$, dok je $\Delta E_{Orajet 240h}=1,28$.

Pri analizi otisaka UV sušeće boje se dolazi do zaključaka da su: promjene u svjetlini tijekom starenja minimalne (za cijan $\Delta L_{80\% RTV}=0,92$, magenta $\Delta L_{60\% RTV}=0,25$, žuta $\Delta L_{60\% RTV}=0,69$, crna $\Delta L_{40\% RTV}=5$). Crni UV otisak je jedini nakon jako kratkog vremena (6 h starenja) pokazao i veliku razliku u obojenju, $\Delta E_{Orajet 20\%}=3,03$. Ova razlika je vidljiva golim okom te se crna UV sušeća boja, ne preporuča za korištenje u praksi (posebno za male vrijednosti RTV). Također, kod svih UV sušećih boja najveće promjene su u kromatičnosti, u području srednjih tonova (s 40, 60 i 80% RTV vrijednosti).

Svaka procesna boja se ponašala različito. Na cijan otiscima, već nakon 6 sati su se dogodile veće promjene koje su se do perioda od 240 h povećavale za maksimalno $\Delta E_{240-6h}=0,3$. Najveće promjene su očekivano na Orajet foliji, a najmanje na foliji 3M Scotchcal. Ipak sve promjene ne prelaze vrijednost $\Delta E=1$. Magenta otisci su se gotovo identično maksimalno promijenili na folijama Orajet i 3M Scotchcal, za polja od 100% RTV-a, dok su najveće razlike za polja od 20% RTV vrijednosti uočljive na foliji 3M Controltac. Sve promjene nisu prešle vrijednost $\Delta E=1$ do kraja eksperimentalnog starenja.

Žuta boja je pokazala najmanje promjene u obojenjima. Sve razlike ne prelaze vrijednost $\Delta E=0,5$ te su na poljima od 20 i 100% RTV promjene približno iste za otiske na sve tri folije. Crna boja se najviše promijenila. Polja punog tona pokazuju tendenciju linearnog rasta tijekom cijelog eksperimenta. Najveća vrijednost iznosi $\Delta E_{Orajet 20\% RTV}=3,03$. Ta krivulja nakon početne velike promjene pri $t=6$ h ostaje približno stabilna.

Po prvoj hipotezi, UV Inkjet bojilo je trebalo dati bolje rezultate od solventnog. To se u većini slučajeva pokazalo istinitim: najmanje promjene uzrokovane starenjem u komori (ali su i najveće promjene na crnoj UV boji, posebno na poljima od 20% RTV vrijednosti, na Orajet foliji) izmjerene su na otiscima UV boje.

Druga hipoteza je dala za pretpostavku da će Orajet folija dati lošije rezultate, što se pokazalo istinitim. Same promjene podloge, ali i većina razlika u obojenju su najviših vrijednosti upravo za foliju Orajet. Bitno je i napomenuti da folija 3M Controltac u nekim slučajevima pokazuje lošije rezultate (veće razlike u obojenju), posebno za otiske sa solventnom Inkjet bojom. Folija 3M Scotchcal je u većini slučajeva pokazala najbolje i najstabilnije rezultate u mjerenjima.

Treća hipoteza je pretpostavljala da će kombinacija UV bojila i 3M Scotchcal folije dati najbolji rezultat, što se mjerenjima može potvrditi. Većina izmjerenih razlika u obojenju pokazuje vrijednosti manje od $\Delta E=0,5$ svih boja na foliji 3M Scotchcal (čak i crna UV boja na poljima od 20% RTV vrijednosti).

Također, jedan od ciljeva rada bio je utvrditi uzrokuju li promjene obojenosti folije veće razlike obojenja otisaka. S obzirom na različite rezultate, ovisno o foliji i bojilu u kombinaciji, zaključuje se da promjene na folijama nisu uzrokovale veće razlike obojenja otisaka, najviše zbog toga jer su minimalne i ne pokazuju porast s vremenom (ovo je istovremeno odgovor i na prvi cilj rada), što se na nekim kolornim otiscima moglo uočiti kao vrste tendencije. Također, sve izmjerene promjene otisaka (osim 20% RTV crne boje na Orajet foliji) kroz vrijeme od 240 h u komori nisu pokazale promjene vidljive golim okom. Ovo pitanje je ujedno bio i drugi cilj rada.

Većina vrijednosti razlika u obojenju ne prelazi $\Delta E=0,5$ (kod stabilnih krivulja). Za određene slučajeve (magenta, žutu i crnu solventnu te crnu UV boju, za neke podloge) bi trebalo dodatno testirati pri dužem vremenskom periodu kako bi se utvrdilo u kojem trenutku razlike prestaju rasti ili prestaju li uopće rasti. Najmanje promjene su definitivno vidljive za cijan boju dok je crna pokazala najveće promjene.

Sve izmjerene promjene bi se trebalo provjeriti eksperimentalnim starenjem na višestruko duže vrijeme.

7. POPIS LITERATURE

- [1] ***<https://kpmfusa.com/history-of-vehicle-wrap/> - *History of vehicle wrap* 20.4.2016.
- [2] Majnarić, I. (2015), *Osnove digitalnog tiska*, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb
- [3] *Wrap magazin* (2016) 1/1, (1.2016.), str. 42.-45.
- [4] *Print – magazin* 6/2, Obljepljivanje vozila (6.2015.), str. 44.
- [5] 3M Commercial Graphics, Product portfolio, dostupno na <http://multimedia.3m.com/mws/media/451422O/sell-sheet-for-7725-and-7125.pdf>
- [6] ***<http://www.tekra.com/resources/tek-tip-white-paper/tek-tip-cast-vs-calendered-vinyl>, *Tek tip - cast vs calendered vinyl* 16.7.2016.
- [7] *Wrap Magazin*, Folije – osnova kvalitetnog wrap-a (2016) 1/1, (1.2016), str. 20.
- [8] *3M Special Applications and Vehicles*. Instruction Bulletin 5.4, Release J, Effective June 2009. dostupno na <http://multimedia.3m.com/mws/media/253349O/instruction-bulletin-and-application-guide.pdf>
- [9] ***<https://www.sunrisesigns.com/our-blog/bid/23257/Vehicle-Wrap-Design-in-5-Easy-Steps> , *Vehicle Wrap Design in 5 Easy Steps* 16.7.2016.
- [10] *Wrap Magazin*, Priprema vozila, 1/1, (1.2016), str. 36.-39.
- [11] *3M Application; General Procedures for Interior and Exterior Dry Application*, Instruction Bulletin 5.5, Release H, Effective July 2014., dostupno na <http://multimedia.3m.com/mws/media/1002230O/instruction-bulletin-5-5.pdf>
- [12] *3M Application: Fleet Trucks*, Instruction Bulletin 5.4, Release K, Effective April 2015., str. 7.-14., dostupno na <http://multimedia.3m.com/mws/media/12597O/5-4-application-of-film-to-vehicles-special-applications.pdf>
- [13] *Vehicle Wrap Removal Guide*, Arlon Technical Information Bulletin, May 2014., dostupno na

http://arlon.com/Objects/Documents/Tech%20Manuals_Guides/Vehicle%20Wrap%20Removal%20Guide-2014.pdf

[14] Bolanča, I., Bolanča Z., Lozo B., (2004.). *Influence of digital prints ageing on process recycling of waste paper*, REWAS'04, Global symposium on recycling, waste treatment and clean technology, vol. II.

[15] ***https://www.xrite.com/product_overview.aspx?ID=21&Action=Support, *Spectrophotometer X-Rite DTP41* 24.7.2016.

[16] ***http://www.grf.unizg.hr/wp-content/uploads/2010/09/SMP_KatalogOpreme_FINAL-WEB_v2.pdf , *Katalog opreme, Grafički fakultet* 21.2.2016.

[17] *3M Scotchcal Opaque Graphic Film*, Product Bulletin 80, Effective July-2014, dostupno na <http://multimedia.3m.com/mws/media/6646070/product-bulletin-80.pdf>

[18] *3M Wrap Film, Series 1080*, Product Bulletin 1080, Effective October-2015, dostupno na <http://multimedia.3m.com/mws/media/7316710/product-bulletin-1080-series.pdf>

[19] *Orajet 3951RA*, Technical Datasheet, 2015/36, dostupno na http://www.orafol.com/tl_files/content/downloads/technicaldatasheets/europe/en/orajet/orajet-3951ra-eu-en.pdf

[20] ***<https://www.rolanddga.com/products/printers/versauv-lec-series-uv-printer-cutters> – *VersaUV LEC series – UV printer-cutters* 21.2.2016.

[21] ***https://www.youtube.com/watch?v=XIjf_mDEfM0Roland LEC 300 UV Printer/Cutter 20.2.2016.

[22] ***<https://www.rolanddga.com/products/printers/versacamm-vsi-series-wide-format-inkjet-printers> – *VersaCAMM® VS-640i, VS-540i, VS-300i* 21.2.2016.

[23] Vanini, C. (2011), *Solvent based inkjet ink formulation*, US 11/569,671

[24] *** <http://www.fespa.com/news/features/find-out-more-about-eco-solvent-ink.html> - *Find out more about eco-solvent ink* 25.8.2016.

- [25] Svanholm, E. (2007), *Printability and Inkcoating Interactions in Inkjet Printing*, Karlstad University Studies Disertation, Karlstad, ISBN: 91-706 310 4
- [26] Zjakić I. (2007.) *Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska*, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb
- [27] Pećanac D., (2012). *Reprodukcija gamuta u tehnikama digitalnog tiska*, diplomski rad, Grafički fakultet, Zagreb
- [28] Matošević, M. (2009). *Utjecaj ekstremnih nanosa electroinka na gamut kolorne reprodukcije*, diplomski rad, Grafički fakultet, Zagreb

8. PRILOZI

PRILOG 1. Mjerene kolorimetrijske vrijednosti triju tiskovnih podloga

podloga 3M Controltac				
vrijeme starenja	L*	a*	b*	
0 h	95,17	-0,94	-0,20	
6 h	94,91	-0,93	-0,24	
12h	95,03	-0,93	-0,25	
24h	95,01	-0,96	-0,28	
48 h	94,86	-0,92	-0,27	
96 h	94,87	-0,94	-0,33	
144 h	94,88	-0,95	-0,38	
240 h	94,77	-0,95	-0,25	
podloga 3M Scotchcal				
vrijeme starenja	L*	a*	b*	
0 h	93,25	-0,21	-2,62	
6 h	93,19	-0,23	-2,61	
12h	93,23	-0,21	-2,63	
24h	93,19	-0,17	-2,65	
48 h	93,22	-0,22	-2,65	
96 h	93,35	0,00	-2,61	
144 h	93,31	-0,22	-2,79	
240 h	93,31	-0,23	-2,77	
podloga 3M Scotchcal				
vrijeme starenja	L*	a*	b*	
0 h	94,93	-0,99	0,13	
6 h	94,89	-1,04	-0,19	
12h	94,98	-1,03	-0,20	
24h	94,90	-1,03	-0,23	
48 h	94,90	-1,01	-0,22	
96 h	94,91	-1,02	-0,30	
144 h	94,98	-1,01	-0,31	
240 h	94,87	-1,01	-0,23	

PRILOG 2. Mjerene kolorimetrijske vrijednosti cijan otisaka na sve tri tiskovne podloge

	podloga 3M Controltac			podloga 3M Scotchcal			podloga 3M Scotchcal		
t	L	a	b	L	a	b	L	a	b
	20% RTV			20% RTV			20% RTV		
0 h	88,26	-9,86	-10,41	88,36	-5,10	-9,32	87,14	-12,00	-11,33
6 h	87,86	-10,14	-10,73	88,49	-4,97	-9,09	86,90	-12,42	-12,06
12h	87,77	-10,24	-10,77	88,55	-5,02	-9,17	87,00	-12,42	-12,00
24h	87,97	-10,17	-10,59	88,36	-4,96	-9,31	86,92	-12,44	-12,04
48 h	87,87	-10,07	-10,65	88,47	-4,93	-9,11	86,89	-12,35	-11,92
96 h	87,91	-10,06	-10,54	88,44	-4,97	-9,28	86,93	-12,35	-11,84
144 h	87,95	-10,03	-10,49	88,54	-4,95	-9,19	87,10	-12,22	-11,65
240 h	87,95	-9,96	-10,23	88,53	-4,94	-9,16	87,11	-12,12	-11,42
	40% RTV			40% RTV			40% RTV		
0 h	79,65	-20,98	-22,73	82,71	-10,30	-16,81	78,71	-23,24	-23,34
6 h	79,77	-20,29	-22,40	82,81	-10,14	-16,68	78,46	-23,46	-24,03
12h	79,85	-20,26	-22,29	82,78	-10,22	-16,71	78,45	-23,86	-24,10
24h	87,77	-10,24	-10,77	82,60	-10,14	-16,84	78,39	-23,75	-24,06
48 h	87,97	-10,17	-10,59	82,78	-10,13	-16,61	78,54	-23,42	-23,68
96 h	87,87	-10,07	-10,65	82,72	-10,11	-16,74	78,60	-23,38	-23,44
144 h	87,91	-10,06	-10,54	82,87	-10,05	-16,60	78,65	-23,55	-23,45
240 h	87,95	-10,03	-10,49	82,80	-10,08	-16,52	78,71	-23,36	-23,06
	60% RTV			60% RTV			60% RTV		
0 h	70,90	-31,31	-34,84	76,66	-14,98	-24,50	70,28	-32,63	-34,78
6 h	71,11	-29,81	-34,34	76,71	-14,81	-24,40	69,89	-33,24	-35,71
12h	71,04	-30,12	-34,46	76,82	-14,66	-24,24	69,97	-33,14	-35,40
24h	71,24	-29,97	-34,17	76,52	-14,74	-24,50	69,84	-33,18	-35,59
48 h	71,06	-29,83	-34,06	76,68	-14,69	-24,12	69,99	-33,01	-35,18
96 h	71,21	-29,65	-33,65	76,60	-14,78	-24,32	70,02	-33,00	-34,98
144 h	71,24	-29,75	-33,65	76,85	-14,59	-23,94	70,04	-33,03	-34,88
240 h	71,31	-29,69	-33,02	76,70	-14,64	-23,92	70,28	-32,77	-34,18
	80% RTV			80% RTV			80% RTV		
0 h	64,33	-36,30	-43,00	71,38	-18,33	-30,80	63,79	-37,25	-42,87
6 h	64,09	-35,96	-43,27	71,45	-18,15	-30,72	63,62	-37,42	-43,54
12h	63,96	-36,54	-43,47	71,56	-18,01	-30,61	63,67	-37,49	-43,44
24h	64,14	-36,11	-43,18	71,47	-17,79	-30,52	63,61	-37,43	-43,44
48 h	64,00	-36,27	-43,08	71,50	-17,98	-30,40	63,46	-37,34	-43,06
96 h	63,95	-36,49	-42,95	71,55	-17,80	-30,29	63,66	-37,39	-42,95
144 h	64,10	-36,27	-42,64	71,52	-17,95	-30,32	63,77	-37,29	-42,74
240 h	64,25	-36,27	-42,05	71,47	-18,04	-30,21	63,77	-37,23	-42,25
	100% RTV			100% RTV			100% RTV		
0 h	55,26	-38,02	-52,79	61,62	-24,02	-42,14	55,42	-37,95	-51,87
6 h	55,07	-37,72	-53,17	61,28	-24,16	-42,57	55,34	-37,51	-52,40
12h	55,07	-37,86	-53,15	61,62	-23,65	-42,12	55,42	-37,49	-52,28
24h	55,23	-38,08	-52,95	61,46	-23,47	-42,21	55,43	-37,41	-52,17
48 h	55,11	-37,90	-52,66	61,62	-23,52	-41,77	55,40	-37,50	-52,01
96 h	55,07	-38,05	-52,48	61,41	-23,77	-42,09	55,31	-37,51	-51,87
144 h	55,17	-38,06	-52,23	61,52	-23,84	-41,97	55,36	-37,60	-51,65
240 h	55,22	-38,21	-51,79	61,51	-23,74	-41,70	55,41	-37,79	-51,27

PRILOG 2. Mjerene kolorimetrijske vrijednosti magenta otisaka na sve tri tiskovne podloge

	podloga 3M Controltac			podloga 3M Scotchcal			podloga 3M Scotchcal		
t	20% RTV			20% RTV			20% RTV		
0 h	85,49	15,44	-8,10	86,23	11,31	-7,46	83,77	18,63	-9,99
6 h	84,63	16,99	-9,19	86,28	11,33	-7,31	83,55	18,84	-10,47
12h	84,68	17,00	-9,28	86,29	11,43	-7,34	83,63	18,92	-10,51
24h	84,91	16,75	-9,05	86,16	11,17	-7,36	83,52	18,65	-10,35
48 h	84,49	16,87	-9,16	86,39	11,15	-7,15	83,63	18,62	-10,31
96 h	84,75	16,61	-9,07	86,33	10,97	-7,23	83,66	18,48	-10,17
144 h	84,82	16,33	-8,81	86,42	10,94	-7,14	83,84	18,18	-9,91
240 h	84,85	16,20	-8,56	86,48	10,94	-6,99	83,92	17,83	-9,50
	40% RTV			60% RTV			60% RTV		
0 h	71,73	40,63	-18,03	77,31	25,76	-12,48	71,22	41,10	-18,31
6 h	71,71	40,50	-18,07	77,40	25,57	-12,27	70,95	41,49	-18,87
12h	71,74	40,33	-18,06	77,51	25,48	-12,14	70,97	41,28	-18,72
24h	71,94	40,03	-17,74	77,24	25,37	-12,25	70,92	41,26	-18,68
48 h	71,80	39,73	-17,59	77,47	25,24	-11,91	70,91	40,92	-18,39
96 h	71,86	39,44	-17,33	72,04	33,69	-14,03	71,06	40,72	-18,10
144 h	71,89	39,51	-17,25	77,57	24,92	-11,64	71,15	40,59	-17,87
240 h	72,03	39,13	-16,78	77,57	24,90	-11,44	71,31	40,03	-17,23
	60% RTV			60% RTV			60% RTV		
0 h	60,36	60,05	-21,24	65,85	44,62	-16,98	59,84	60,62	-21,44
6 h	59,46	61,45	-21,72	65,97	43,98	-16,60	59,83	60,26	-21,59
12h	59,41	61,25	-21,73	66,08	43,82	-16,50	59,83	60,07	-21,51
24h	59,39	60,82	-21,41	65,88	43,65	-16,54	59,84	59,85	-21,36
48 h	59,39	60,76	-21,34	66,05	43,53	-16,17	59,81	59,74	-21,18
96 h	59,37	60,45	-20,86	66,10	43,10	-15,98	59,86	59,29	-20,63
144 h	59,56	60,11	-20,54	66,08	43,24	-15,75	59,98	59,00	-20,28
240 h	59,62	59,77	-19,98	66,12	42,92	-15,34	60,11	58,43	-19,40
	80% RTV			80% RTV			80% RTV		
0 h	50,68	73,62	-18,79	52,89	65,84	-18,39	50,52	73,82	-19,08
6 h	50,18	73,89	-18,88	52,93	65,32	-18,18	50,45	73,29	-19,17
12h	50,03	73,67	-18,94	52,83	65,34	-18,04	50,44	73,06	-19,13
24h	50,14	73,52	-18,71	52,61	65,10	-18,00	50,41	72,92	-19,01
48 h	49,98	72,89	-18,54	52,92	64,60	-17,48	50,37	72,67	-18,80
96 h	50,07	72,90	-18,22	53,03	64,14	-17,32	50,41	72,31	-18,26
144 h	50,20	72,75	-17,94	53,05	64,21	-16,91	50,56	72,15	-18,02
240 h	50,26	72,39	-17,35	53,10	64,00	-16,51	50,75	71,65	-17,07
	100% RTV			100% RTV			100% RTV		
0 h	43,49	79,34	-10,05	43,60	77,46	-11,93	43,91	78,57	-10,87
6 h	43,44	78,67	-9,97	43,41	76,96	-11,59	43,66	78,20	-10,96
12h	43,29	78,27	-10,14	43,29	76,85	-11,49	43,52	77,88	-10,95
24h	43,21	78,32	-9,79	43,16	76,46	-11,50	43,46	77,74	-10,81
48 h	43,17	77,86	-9,83	43,19	76,34	-10,99	43,41	77,47	-10,69
96 h	43,13	77,62	-9,49	43,20	76,07	-10,85	43,43	77,09	-10,19
144 h	43,28	77,39	-9,07	43,32	76,04	-10,50	43,45	77,09	-9,77
240 h	43,24	76,96	-8,78	43,27	75,88	-10,02	43,64	76,58	-9,14

PRILOG 3. Mjerene kolorimetrijske vrijednosti žutih otisaka na sve tri tiskovne podloge

	podloga 3M Controltac			podloga 3M Scotchcal			podloga 3M Scotchcal		
t	20% RTV			20% RTV			20% RTV		
0 h	94,43	-4,89	15,48	92,78	-3,04	8,89	94,09	-5,48	18,49
6 h	94,29	-4,97	15,80	92,83	-2,99	9,05	94,04	-5,63	18,64
12h	94,31	-5,00	15,95	92,99	-2,97	9,03	94,12	-5,62	18,66
24h	94,43	-5,01	15,92	92,78	-2,95	8,84	94,04	-5,63	18,59
48 h	94,43	-4,92	15,55	92,85	-2,92	8,82	94,03	-5,57	18,43
96 h	94,30	-4,89	15,13	92,90	-2,97	8,54	94,07	-5,55	17,91
144 h	94,34	-4,90	15,03	92,95	-2,96	8,33	94,13	-5,46	17,43
240 h	94,27	-4,74	14,24	92,94	-2,87	7,90	94,13	-5,30	16,47
	40% RTV			40% RTV			40% RTV		
0 h	93,71	-9,41	39,39	92,11	-5,88	23,59	93,21	-9,60	41,91
6 h	93,52	-9,49	39,72	92,17	-5,79	23,64	93,12	-9,84	42,40
12h	93,62	-9,45	39,70	92,29	-5,77	23,69	93,22	-9,75	42,06
24h	93,70	-9,42	39,50	92,05	-5,77	23,46	93,16	-9,77	42,06
48 h	93,58	-9,36	39,02	92,18	-5,75	23,48	93,14	-9,76	42,08
96 h	93,57	-9,38	38,58	92,19	-5,78	23,06	93,18	-9,70	41,10
144 h	93,62	-9,20	37,14	92,31	-5,76	22,54	93,28	-9,64	40,16
240 h	93,69	-9,03	35,65	92,31	-5,70	21,92	93,29	-9,41	38,03
	60% RTV			60% RTV			60% RTV		
0 h	93,22	-11,43	62,55	91,40	-7,83	39,70	92,73	-11,52	62,45
6 h	92,91	-11,69	63,46	91,47	-7,77	39,55	92,67	-11,66	62,50
12h	92,96	-11,63	63,37	91,57	-7,71	39,50	92,75	-11,62	62,43
24h	93,05	-11,65	63,05	91,35	-7,73	39,32	92,70	-11,63	62,35
48 h	92,94	-11,61	62,59	91,49	-7,69	39,12	92,68	-11,57	61,93
96 h	92,95	-11,61	61,51	91,49	-7,73	38,55	92,68	-11,55	60,85
144 h	93,01	-11,62	60,52	91,59	-7,75	38,04	92,79	-11,54	59,90
240 h	93,00	-11,56	58,44	91,61	-7,71	37,09	92,87	-11,44	57,30
	80% RTV			80% RTV			80% RTV		
0 h	92,30	-11,17	80,33	90,47	-9,06	59,90	92,67	-11,70	78,45
6 h	92,52	-11,62	73,28	90,54	-8,97	59,87	92,55	-11,76	77,85
12h	92,21	-11,22	81,28	90,62	-8,93	59,90	92,66	-11,71	78,07
24h	92,30	-11,23	81,13	90,41	-8,93	59,39	92,59	-11,75	77,61
48 h	92,17	-11,21	80,60	90,57	-8,91	59,20	92,55	-11,71	77,42
96 h	92,16	-11,27	80,00	90,42	-8,98	58,48	92,54	-11,74	76,65
144 h	92,25	-11,34	78,78	90,66	-9,05	57,88	92,64	-11,79	75,79
240 h	92,31	-11,43	77,13	90,74	-9,11	56,95	92,62	-11,82	73,55
	100% RTV			100% RTV			100% RTV		
0 h	91,15	-9,08	97,57	89,23	-8,44	87,61	92,23	-9,72	93,54
6 h	90,92	-9,04	96,65	89,30	-8,33	87,29	92,13	-9,78	92,99
12h	90,95	-8,95	96,66	89,35	-8,29	87,57	92,20	-9,77	93,11
24h	90,94	-8,93	96,53	89,14	-8,35	87,03	92,15	-9,81	92,93
48 h	90,81	-8,95	96,09	89,16	-8,26	87,08	92,11	-9,78	92,83
96 h	90,81	-9,03	95,80	89,29	-8,46	86,52	92,02	-9,83	92,23
144 h	90,94	-9,16	95,13	89,41	-8,53	86,11	92,17	-9,95	92,02
240 h	91,03	-9,31	94,62	89,50	-8,70	85,51	91,97	-10,01	90,72

PRILOG 4. Mjerene kolorimetrijske vrijednosti crnih otisaka na sve tri tiskovne podloge

	podloga 3M Controltac			podloga 3M Scotchcal			podloga 3M Scotchcal		
t	20% RTV			20% RTV			20% RTV		
0 h	85,02	-0,64	0,47	86,72	-0,25	-2,27	82,97	-0,58	0,86
6 h	84,30	-0,58	0,44	86,91	-0,20	-2,13	82,47	-0,52	0,66
12h	84,38	-0,59	0,44	86,90	-0,19	-2,12	82,73	-0,53	0,66
24h	84,62	-0,62	0,47	86,78	-0,17	-2,27	82,66	-0,53	0,62
48 h	84,31	-0,57	0,43	86,95	-0,17	-2,17	82,72	-0,52	0,62
96 h	84,36	-0,60	0,34	86,91	-0,20	-2,34	82,54	-0,52	0,59
144 h	84,44	-0,60	0,37	86,94	-0,21	-2,34	82,74	-0,51	0,54
240 h	84,29	-0,58	0,44	86,96	-0,19	-2,31	82,56	-0,50	0,58
	40% RTV			40% RTV			40% RTV		
0 h	68,61	0,00	2,08	77,85	-0,28	-2,00	65,81	0,17	2,56
6 h	67,36	0,15	2,32	77,88	-0,23	-1,81	65,21	0,26	2,58
12h	68,34	0,03	2,01	77,92	-0,24	-1,78	65,14	0,27	2,63
24h	68,36	0,02	2,07	77,73	-0,22	-1,90	65,11	0,26	2,60
48 h	68,43	0,04	1,97	77,89	-0,20	-1,78	64,95	0,30	2,62
96 h	67,97	0,07	2,00	77,86	-0,23	-1,94	65,09	0,26	2,56
144 h	68,32	0,03	1,93	77,89	-0,23	-1,94	64,92	0,30	2,57
240 h	68,27	0,04	1,96	77,89	-0,22	-1,93	64,96	0,32	2,63
	60% RTV			60% RTV			60% RTV		
0 h	43,63	1,39	5,38	63,21	-0,28	-1,67	41,71	1,50	5,66
6 h	43,12	1,39	5,29	63,57	-0,26	-1,56	40,65	1,59	5,90
12h	42,85	1,44	5,40	63,35	-0,24	-1,42	40,59	1,61	5,94
24h	43,28	1,40	5,27	63,42	-0,24	-1,58	40,90	1,57	5,83
48 h	43,62	1,34	5,03	63,57	-0,25	-1,51	40,70	1,62	5,91
96 h	42,64	1,46	5,34	63,34	-0,27	-1,61	40,41	1,63	5,94
144 h	42,65	1,44	5,31	63,63	-0,26	-1,70	40,89	1,63	5,83
240 h	44,02	1,29	4,83	63,75	-0,27	-1,68	40,53	1,66	5,91
	80% RTV			80% RTV			80% RTV		
0 h	16,79	2,16	5,31	38,59	-0,12	-1,06	18,26	1,97	5,16
6 h	17,86	1,95	4,58	38,70	-0,08	-0,90	18,08	2,01	5,52
12h	17,07	2,09	4,95	38,74	-0,09	-0,88	18,01	2,04	5,44
24h	18,51	1,86	4,31	38,87	-0,11	-0,96	18,01	2,02	5,42
48 h	17,37	2,04	4,68	38,80	-0,11	-0,87	18,17	2,00	5,38
96 h	18,42	1,84	4,40	39,08	-0,12	-1,06	18,25	1,93	5,02
144 h	18,34	1,85	4,27	39,45	-0,18	-1,29	18,46	1,95	5,01
240 h	18,44	1,84	4,12	39,49	-0,18	-1,31	19,24	1,74	4,02
	100% RTV			100% RTV			100% RTV		
0 h	5,55	-0,38	-1,13	6,27	-0,36	-1,52	9,00	-0,30	-0,45
6 h	5,84	-0,35	-1,15	6,36	-0,34	-1,31	7,41	0,06	0,19
12h	6,08	-0,38	-0,96	6,48	-0,39	-1,33	7,42	0,08	0,19
24h	6,29	-0,42	-1,09	6,85	-0,40	-1,54	7,18	0,08	0,17
48 h	6,41	-0,39	-1,15	6,72	-0,41	-1,53	7,50	0,03	0,33
96 h	6,59	-0,45	-1,22	6,93	-0,48	-1,64	7,56	0,03	0,24
144 h	7,08	-0,53	-1,26	7,76	-0,55	-2,04	7,41	0,07	0,16
240 h	7,62	-0,59	-1,42	8,14	-0,63	-2,09	7,82	0,00	-0,49

PRILOG 5. Delta E vrijednosti triju tiskovnih podloga tijekom starenja

3M Controltac

	Colour	L	a	b	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	Tr1 1	95,17	-0,94	-0,20	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Std 1	95,17	-0,94	-0,20				
6 h	Tr1 2	95,17	-0,94	-0,20	0,1621	0,1544	0,0048	-0,0492
	Std 2	94,91	-0,93	-0,24				
12 h	Tr1 3	95,17	-0,94	-0,20	0,1045	0,0873	0,0081	-0,0569
	Std 3	95,03	-0,93	-0,25				
24 h	Tr1 4	95,17	-0,94	-0,20	0,1326	0,0992	-0,0401	-0,0783
	Std 4	95,01	-0,96	-0,28				
48 h	Tr1 5	95,17	-0,94	-0,20	0,2014	0,1853	0,0214	-0,0760
	Std 5	94,86	-0,92	-0,27				
96 h	Tr1 6	95,17	-0,94	-0,20	0,2228	0,1781	-0,0180	-0,1326
	Std 6	94,87	-0,94	-0,33				
144 h	Tr1 7	95,17	-0,94	-0,20	0,2508	0,1747	-0,0471	-0,1736
	Std 7	94,88	-0,95	-0,38				
240 h	Tr1 8	95,17	-0,94	-0,20	0,2451	0,2384	-0,0222	-0,0520
	Std 8	94,77	-0,95	-0,25				

3M Scotchcal

	Colour	L	a	b	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	Tr1 1	93,25	-0,21	-2,62	0,0000	0,0000	0,0000	dH ₀₀
	Std 1	93,25	-0,21	-2,62				
6 h	Tr1 2	93,25	-0,21	-2,62	0,0501	0,0355	0,0118	0,0334
	Std 2	93,19	-0,23	-2,61				
12 h	Tr1 3	93,25	-0,21	-2,62	0,0140	0,0116	-0,0069	-0,0036
	Std 3	93,23	-0,21	-2,63				
24 h	Tr1 4	93,25	-0,21	-2,62	0,0746	0,0401	-0,0211	-0,0592
	Std 4	93,19	-0,17	-2,65				
48 h	Tr1 5	93,25	-0,21	-2,62	0,0285	0,0185	-0,0216	0,0020
	Std 5	93,22	-0,22	-2,65				
96 h	Tr1 6	93,25	-0,21	-2,62	0,0777	-0,0571	0,0132	-0,0509
	Std 6	93,35	-0,18	-2,61				
144 h	Tr1 7	93,25	-0,21	-2,62	0,1525	-0,0343	-0,1484	-0,0072
	Std 7	93,31	-0,22	-2,79				
240 h	Tr1 8	93,25	-0,21	-2,62	0,1405	-0,0370	-0,1355	0,0039
	Std 8	93,31	-0,23	-2,77				

Orajel

	Colour	L	a	b	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	Tr1 1	94,93	-0,99	0,13	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Std 1	94,93	-0,99	0,13				
6 h	Tr1 2	94,93	-0,99	0,13	0,3167	0,0250	-0,0728	-0,3072
	Std 2	94,89	-1,04	-0,19				
12 h	Tr1 3	94,93	-0,99	0,13	0,3307	-0,0259	-0,0672	-0,3228
	Std 3	94,98	-1,03	-0,20				
24 h	Tr1 4	94,93	-0,99	0,13	0,3567	0,0221	-0,0641	-0,3502
	Std 4	94,90	-1,03	-0,23				
48 h	Tr1 5	94,93	-0,99	0,13	0,3438	0,0185	-0,0401	-0,3409
	Std 5	94,90	-1,01	-0,22				
96 h	Tr1 6	94,93	-0,99	0,13	0,4214	0,0130	-0,0642	-0,4163
	Std 6	94,91	-1,02	-0,30				
144 h	Tr1 7	94,93	-0,99	0,13	0,4303	-0,0270	-0,0586	-0,4255
	Std 7	94,98	-1,01	-0,31				
240 h	Tr1 8	94,93	-0,99	0,13	0,3560	0,0406	-0,0353	-0,3519
	Std 8	94,87	-1,01	-0,23				

PRILOG 6. Delta E vrijednosti cijan otisaka otisnutih ekosolventnom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Controltac

CIJAN	20% RTV				100% RTV			
	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,3823	-0,2553	0,2843	0,0133	0,2571	-0,1795	0,0436	0,1788
12 h	0,4779	-0,3128	0,3604	-0,0249	0,2274	-0,1795	0,0573	0,1273
24 h	0,3286	-0,1850	0,2573	-0,0867	0,0526	-0,0283	0,0425	0,0124
48 h	0,3281	-0,2489	0,2136	0,0101	0,1490	-0,1417	-0,0440	0,0140
96 h	0,2853	-0,2233	0,1709	-0,0481	0,2042	-0,1795	-0,0633	-0,0739
144 h	0,2468	-0,1977	0,1354	-0,0589	0,1901	-0,0850	-0,1161	-0,1292
240 h	0,2607	-0,1977	0,0051	-0,1697	0,3349	-0,0377	-0,1912	-0,2724

PRILOG 7. Delta E vrijednosti magenta otisaka otisnutih ekosolventnom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Controltac

MAGENTA	20% RTV				100% RTV			
	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	1,2798	-0,5652	1,1361	-0,1668	0,1543	-0,0463	-0,1472	-0,0018
12 h	1,2926	-0,5322	1,1578	-0,2170	0,3064	-0,1848	-0,2295	-0,0839
24 h	1,0541	-0,3806	0,9700	-0,1595	0,3484	-0,2586	-0,2283	0,0487
48 h	1,2616	-0,6576	1,0603	-0,1870	0,4414	-0,2954	-0,3277	0,0122
96 h	1,0372	-0,4860	0,8904	-0,2163	0,5279	-0,3323	-0,3896	0,1284
144 h	0,8204	-0,4399	0,6762	-0,1494	0,5635	-0,1940	-0,4512	0,2761
240 h	0,6956	-0,4201	0,5531	-0,0386	0,7031	-0,2309	-0,5536	0,3667

PRILOG 8. Delta E vrijednosti žutih otisaka otisnutih ekosolventnom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Controltac

ŽUTA

20% RTV

100% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,2098	-0,0842	0,1910	-0,0213
12 h	0,2894	-0,0722	0,2776	-0,0386
24 h	0,2660	0,0000	0,2653	-0,0191
48 h	0,1070	-0,0963	0,0459	0,0081
96 h	0,2291	-0,0782	-0,1822	0,1147
144 h	0,2853	-0,0541	-0,2311	0,1583
240 h	0,7537	-0,0963	-0,7008	0,2600

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,2237	-0,1427	-0,1707	0,0232
12 h	0,2120	-0,1241	-0,1704	-0,0230
24 h	0,2359	-0,1303	-0,1948	-0,0270
48 h	0,3477	-0,2110	-0,2763	0,0039
96 h	0,3953	-0,2110	-0,3290	0,0586
144 h	0,4963	-0,1303	-0,4522	0,1576
240 h	0,6087	-0,0744	-0,5454	0,2598

PRILOG 9. Delta E vrijednosti crnih otisaka otisnutih ekosolventnom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Controltac

Ekosolventna Inkjet boja
Tiskovna podloga 3M Controltac

CRNA

20% RTV

100% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,4836	-0,4751	-0,0898	-0,0130
12 h	0,4291	-0,4221	-0,0770	-0,0061
24 h	0,2651	-0,2635	-0,0256	-0,0131
48 h	0,4806	-0,4684	-0,1070	-0,0106
96 h	0,4568	-0,4353	-0,1021	0,0935
144 h	0,3986	-0,3824	-0,0916	0,0652
240 h	0,4901	-0,4817	-0,0898	-0,0130

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,1810	0,1746	-0,0014	0,0479
12 h	0,3583	0,3194	-0,1416	-0,0794
24 h	0,4518	0,4464	-0,0063	-0,0698
48 h	0,5196	0,5190	0,0233	-0,0042
96 h	0,6417	0,6282	0,1214	-0,0492
144 h	0,9585	0,9262	0,2111	-0,1273
240 h	1,3192	1,2562	0,3823	-0,1269

PRILOG 10. Delta E vrijednosti cijan otisaka otisnutih ekolosolventnom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Scotchcal

CIJAN 20% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,2123	0,0827	-0,1954	0,0060
12 h	0,1734	0,1208	-0,1244	-0,0005
24 h	0,1507	0,0000	-0,0878	0,1225
48 h	0,2266	0,0700	-0,2090	0,0526
96 h	0,1478	0,0509	-0,0975	0,0988
144 h	0,2068	0,1144	-0,1558	0,0734
240 h	0,2184	0,1081	-0,1772	0,0679

100% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,3243	-0,2931	0,1387	0,0062
12 h	0,1691	0,0000	-0,0438	0,1634
24 h	0,2955	-0,1378	-0,0355	0,2590
48 h	0,2305	0,0000	-0,1594	0,1665
96 h	0,2127	-0,1809	-0,0404	0,1044
144 h	0,1221	-0,0861	-0,0681	0,0535
240 h	0,1916	-0,0947	-0,1572	0,0550

PRILOG 11. Delta E vrijednosti magenta otisaka otisnutih ekolosolventnom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Scotchcal

MAGENTA 20% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,1150	0,0325	-0,0195	0,1086
12 h	0,1498	0,0390	0,0600	0,1316
24 h	0,1331	-0,0455	-0,1250	0,0054
48 h	0,2548	0,1039	-0,1876	0,1378
96 h	0,3089	0,0649	-0,3020	0,0045
144 h	0,3701	0,1233	-0,3450	0,0523
240 h	0,4405	0,1622	-0,3793	0,1544

100% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,2347	-0,1759	-0,1208	0,0978
12 h	0,3476	-0,2867	-0,1483	0,1288
24 h	0,4802	-0,4065	-0,2339	0,1032
48 h	0,5505	-0,3789	-0,2770	0,2876
96 h	0,5993	-0,3697	-0,3413	0,3255
144 h	0,6355	-0,2590	-0,3589	0,4559
240 h	0,8101	-0,3052	-0,4090	0,6292

PRILOG 12. Delta E vrijednosti žutih otisaka otisnutih ekosolventnom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Scotchcal

ŽUTA

20% RTV

100% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,1448	0,0305	0,0759	-0,1195
12 h	0,1937	0,1281	0,0545	-0,1348
24 h	0,1110	0,0000	-0,0723	-0,0842
48 h	0,1545	0,0427	-0,0984	-0,1112
96 h	0,2661	0,0732	-0,2491	0,0582
144 h	0,4194	0,1037	-0,3843	0,1320
240 h	0,7331	0,0976	-0,6970	0,2050

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,0902	0,0442	-0,0664	-0,0421
12 h	0,1089	0,0757	-0,0109	-0,0775
24 h	0,1326	-0,0568	-0,1184	-0,0182
48 h	0,1371	-0,0442	-0,1101	-0,0687
96 h	0,2324	0,0379	-0,2194	0,0668
144 h	0,3456	0,1135	-0,3012	0,1257
240 h	0,5171	0,1702	-0,4200	0,2490

PRILOG 13. Delta E vrijednosti crnih otisaka otisnutih ekosolventnom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Scotchcal

CRNA

20% RTV

100% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,1903	0,1227	-0,1361	0,0514
12 h	0,1982	0,1163	-0,1469	0,0648
24 h	0,1222	0,0388	-0,0148	0,1150
48 h	0,2084	0,1485	-0,1051	0,1015
96 h	0,1565	0,1227	0,0529	0,0814
144 h	0,1664	0,1421	0,0547	0,0672
240 h	0,1817	0,1550	0,0243	0,0916

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,2063	0,0545	-0,1941	-0,0436
12 h	0,2243	0,1272	-0,1498	-0,1082
24 h	0,3570	0,3519	0,0370	-0,0477
48 h	0,2824	0,2729	0,0334	-0,0644
96 h	0,4493	0,4006	0,1653	-0,1187
144 h	1,0597	0,9078	0,5410	-0,0781
240 h	1,3106	1,1413	0,6256	-0,1541

PRILOG 14. Delta E vrijednosti cijan otisaka otisnutih ekosolventnom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi Orajet

CIJAN	20% RTV				100% RTV			
	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,5250	-0,1547	0,4643	0,1901	0,2760	-0,0753	0,0571	0,2593
12 h	0,5250	-0,0902	0,4465	0,1560	0,2430	0,0000	0,0282	0,2414
24 h	0,5187	-0,1418	0,4699	0,1678	0,2462	0,0094	-0,0065	0,2459
48 h	0,4405	-0,1612	0,3820	0,1488	0,1854	-0,0188	-0,0297	0,1821
96 h	0,3966	-0,1354	0,3583	0,1029	0,1912	-0,1036	-0,0591	0,1495
144 h	0,2363	-0,0258	0,2257	0,0649	0,1324	-0,0565	-0,0952	0,0726
240 h	0,1013	-0,0193	0,0984	-0,0140	0,1691	-0,0094	-0,1524	-0,0727

PRILOG 15. Delta E vrijednosti magenta otisaka otisnutih ekosolventnom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi Orajet

MAGENTA	20% RTV				100% RTV			
	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,3317	-0,1466	0,2008	-0,2195	0,2505	-0,2324	-0,0776	-0,0522
12 h	0,3446	-0,0933	0,2506	-0,2174	0,3965	-0,3622	-0,1476	-0,0651
24 h	0,2787	-0,1666	0,0772	-0,2096	0,4563	-0,4177	-0,1825	-0,0204
48 h	0,2231	-0,0933	0,0537	-0,1954	0,5249	-0,4639	-0,2452	0,0104
96 h	0,1796	-0,0733	-0,0478	-0,1569	0,5901	-0,4455	-0,3436	0,1782
144 h	0,2810	0,0466	-0,2594	-0,0974	0,6494	-0,4270	-0,3555	0,3361
240 h	0,5397	0,0998	-0,5289	0,0394	0,7753	-0,2510	-0,4856	0,5499

PRILOG 16. Delta E vrijednosti žutih otisaka otisnutih ekosolventnom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi Orajet

ŽUTA

20% RTV

100% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,1532	-0,0302	0,1114	0,1007
12 h	0,1473	0,0181	0,1187	0,0854
24 h	0,1473	-0,0302	0,0870	0,1150
48 h	0,1100	-0,0362	-0,0067	0,1037
96 h	0,3579	-0,0121	-0,2678	0,2370
144 h	0,6067	0,0241	-0,5303	0,2937
240 h	1,1439	0,0241	-1,0580	0,4342

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,1346	-0,0614	-0,1036	0,0601
12 h	0,0961	-0,0184	-0,0809	0,0486
24 h	0,1474	-0,0491	-0,1145	0,0788
48 h	0,1678	-0,0737	-0,1342	0,0688
96 h	0,3072	-0,1290	-0,2482	0,1271
144 h	0,3513	-0,0368	-0,2861	0,2005
240 h	0,637099	-0,1597	-0,5364	0,3044

PRILOG 17. Delta E vrijednosti crnih otisaka otisnutih ekosolventnom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi Orajet

CRNA

20% RTV

100% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,3964	-0,3364	-0,1919	0,0845
12 h	0,2604	-0,1613	-0,1809	0,0953
24 h	0,3187	-0,2084	-0,2049	0,1272
48 h	0,2975	-0,1680	-0,2161	0,1165
96 h	0,3977	-0,2892	-0,2337	0,1411
144 h	0,3585	-0,1545	-0,2736	0,1725
240 h	0,4015	-0,2757	-0,2624	0,1278

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	1,2825	-0,9794	-0,4182	-0,7145
12 h	1,2906	-0,9733	-0,4038	-0,7450
24 h	1,3956	-1,1199	-0,4203	-0,7189
48 h	1,2998	-0,9244	-0,2969	-0,8642
96 h	1,2219	-0,8877	-0,3846	-0,7465
144 h	1,2744	-0,9794	-0,4369	-0,6884
240 h	0,9403	-0,7283	-0,1208	0,5824

PRILOG 18. Delta E vrijednosti cijan otisaka otisnutih UV sušećom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Controltac

CIJAN	20% RTV				100% RTV			
	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,3888	-0,0143	0,1555	0,3560	0,0554	-0,0499	-0,0119	0,0208
12 h	0,5534	-0,0718	0,2087	0,5074	0,1669	-0,0799	-0,0190	0,1453
24 h	0,5913	0,0502	0,1553	0,5683	0,0962	-0,0599	-0,0215	0,0721
48 h	0,6546	-0,0359	0,1442	0,6376	0,2646	-0,1698	-0,0523	0,1960
96 h	0,7582	-0,0143	0,1384	0,7454	0,3323	-0,1499	-0,0555	0,2913
144 h	0,7660	0,0717	0,0934	0,7569	0,3317	-0,0699	-0,0854	0,3128
240 h	0,7617	0,1147	-0,0155	0,7529	0,4059	-0,0799	-0,0667	0,3924

PRILOG 19. Delta E vrijednosti magenta otisaka otisnutih UV sušećom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Controltac

MAGENTA	20% RTV				100% RTV			
	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,3655	0,0588	0,0013	-0,3607	0,0947	-0,0400	-0,0484	-0,0709
12 h	0,5026	-0,0074	0,0395	-0,5010	0,4008	-0,2000	-0,0445	-0,3445
24 h	0,5529	0,0955	-0,0074	-0,5445	0,4008	-0,3499	-0,0205	-0,3995
48 h	0,6225	0,0220	-0,0306	-0,6214	0,6824	-0,2599	-0,2345	-0,5857
96 h	0,6875	0,0735	-0,1800	-0,6594	0,7637	-0,3899	-0,0955	-0,6497
144 h	0,7399	0,2201	-0,3113	-0,6341	0,7265	-0,2000	-0,2604	-0,6480
240 h	0,7241	0,2128	-0,3896	-0,5721	0,6793	-0,2599	-0,2059	-0,5929

PRILOG 20. Delta E vrijednosti žutih otisaka otisnutih UV sušećom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Controltac

ŽUTA

20% RTV

100% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,1214	-0,0304	-0,0891	0,0765
12 h	0,1496	0,0061	-0,0633	0,1354
24 h	0,2392	-0,0061	-0,1525	0,1842
48 h	0,3149	-0,0852	-0,2455	0,1779
96 h	0,2617	-0,0304	-0,1248	0,2280
144 h	0,3334	0,0061	-0,1846	0,2776
240 h	0,4107	-0,0243	-0,3074	0,2713

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,0718	-0,0642	-0,0231	-0,0225
12 h	0,0661	-0,0385	-0,0197	0,0500
24 h	0,0912	-0,0321	-0,0419	0,0743
48 h	0,2208	-0,0577	-0,0924	0,1921
96 h	0,3118	-0,0706	-0,1266	0,2761
144 h	0,5267	0,0705	-0,2172	0,4747
240 h	0,4441	-0,0128	-0,1807	0,4055

PRILOG 21. Delta E vrijednosti crnih otisaka otisnutih UV sušećom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Controltac

CRNA

20% RTV

100% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,1433	-0,0144	-0,1377	-0,0368
12 h	0,3813	-0,2091	-0,1529	-0,2798
24 h	0,2514	0,0648	-0,2383	-0,0469
48 h	0,3327	-0,1946	-0,2304	-0,1405
96 h	0,4730	-0,2235	-0,3077	-0,2812
144 h	0,3973	-0,1225	-0,3675	-0,0883
240 h	0,3983	-0,1946	-0,3310	-0,1058

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,3787	-0,3039	0,2151	0,0689
12 h	0,4343	-0,3967	0,1681	0,0547
24 h	0,4028	-0,3781	0,0084	-0,1386
48 h	0,4043	-0,3781	-0,0273	-0,1405
96 h	0,4698	-0,3534	-0,1912	-0,2435
144 h	0,5498	-0,1862	-0,3539	-0,3773
240 h	0,7607	-0,1800	-0,5285	-0,5166

PRILOG 22. Delta E vrijednosti cijan otisaka otisnutih UV sušećom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Scotchcal

CIJAN	20% RTV				100% RTV			
	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,1794	0,0069	0,0646	0,1672	0,2877	0,2500	-0,1424	0,0069
12 h	0,2912	0,0828	0,0966	0,2620	0,4378	0,3199	-0,1742	0,2428
24 h	0,4220	-0,0622	0,2047	0,3637	0,5291	0,2900	-0,1513	0,4160
48 h	0,3832	0,1242	0,0473	0,3594	0,7372	0,4998	-0,2055	0,5014
96 h	0,4376	0,0207	0,0892	0,4279	0,7524	0,3702	-0,1221	0,6435
144 h	0,4270	0,1173	0,0740	0,4039	0,9514	0,6197	-0,2018	0,6931
240 h	0,3688	0,0552	0,0338	0,3631	0,8301	0,4698	-0,1598	0,6654

Prilog 23. Delta E vrijednosti magenta otisaka otisnutih UV sušećom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Scotchcal

MAGENTA	20% RTV				100% RTV			
	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,2911	-0,0487	0,1286	-0,2566	0,1305	0,0099	-0,1264	0,0308
12 h	0,3823	0,0348	0,1835	-0,3335	0,2832	-0,0495	-0,0479	-0,2747
24 h	0,4735	0,0556	-0,0236	-0,4697	0,4556	-0,0989	-0,1355	-0,4236
48 h	0,4305	0,0834	-0,0202	-0,4219	0,5535	-0,0989	-0,1549	-0,5221
96 h	0,5011	0,0000	-0,0849	-0,4939	2,3866	1,9053	-0,6542	-1,2797
144 h	0,4961	0,0973	-0,1906	-0,4476	0,6212	0,0297	-0,2417	-0,5715
240 h	0,5020	0,0209	-0,3154	-0,3900	0,5754	-0,0297	-0,3190	-0,4779

PRILOG 24. Delta E vrijednosti žutih otisaka otisnutih UV sušećom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Scotchcal

ŽUTA	20% RTV				100% RTV			
	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,2430	0,1043	-0,1613	0,1488	0,0983	-0,0590	-0,0783	-0,0069
12 h	0,3171	0,2023	-0,1903	0,1530	0,0209	0,0131	-0,0112	0,0118
24 h	0,3903	0,1104	-0,2894	0,2376	0,1672	-0,0525	-0,1011	0,1224
48 h	0,3295	0,1533	-0,2054	0,2071	0,1973	0,0262	-0,1178	0,1560
96 h	0,2787	0,0859	-0,0941	0,2479	0,3027	0,0570	-0,1510	0,2561
144 h	0,4650	0,1595	-0,3305	0,2857	0,3693	0,1114	-0,1747	0,3057
240 h	0,4316	0,1104	-0,3121	0,2768	0,4391	0,1179	-0,2004	0,3725

PRILOG 25. Delta E vrijednosti crnih otisaka otisnutih UV sušećom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi 3M Scotchcal

CRNA	20% RTV				100% RTV			
	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,0865	0,0068	0,0859	-0,0081	0,2339	-0,1424	0,1849	0,0156
12 h	0,1366	0,0750	0,1140	-0,0060	0,1441	-0,0681	0,1267	0,0075
24 h	0,2370	-0,1297	0,1984	0,0000	0,0596	0,0372	-0,0283	-0,0370
48 h	0,1922	0,0681	0,1797	-0,0013	0,2470	0,1365	-0,1531	-0,1377
96 h	0,2740	-0,0205	0,2732	0,0051	11,4729	11,4473	-0,0001	0,7658
144 h	0,2875	0,0545	0,2816	0,0189	0,7905	0,4977	-0,5242	-0,3201
240 h	0,2800	-0,0614	0,2732	0,0051	0,7639	0,3480	-0,5699	-0,3711

PRILOG 26. Delta E vrijednosti cijan otisaka otisnutih UV sušećom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi Orajet

CIJAN	20% RTV				100% RTV			
	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,5540	0,1289	-0,0788	0,5330	0,2614	0,2493	-0,0608	0,0498
12 h	0,6833	0,1003	-0,0601	0,6732	0,4410	0,2891	-0,0053	0,3330
24 h	0,7562	0,1074	-0,0479	0,7470	0,5370	0,2493	-0,0071	0,4756
48 h	0,8128	-0,0789	-0,1223	0,7996	0,7039	0,3488	0,0035	0,6114
96 h	0,9715	0,1074	-0,1154	0,9586	0,8346	0,4086	0,0047	0,7278
144 h	1,0278	0,0716	-0,2879	0,9841	0,9179	0,4882	0,0359	0,7766
240 h	1,0271	0,2718	-0,3757	0,9164	0,9176	0,4782	-0,0142	0,7830

PRILOG 27. Delta E vrijednosti magenta otisaka otisnutih UV sušećom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi Orajet

MAGENTA	20% RTV				100% RTV			
	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,6059	-0,1175	0,2575	-0,5357	0,1053	-0,1000	-0,0131	-0,0304
12 h	0,7354	-0,1837	0,2795	-0,6549	0,3118	-0,0900	0,0042	-0,2985
24 h	0,7575	-0,1911	0,2003	-0,7051	0,4424	-0,1800	-0,0263	-0,4033
48 h	0,7437	-0,1249	0,0758	-0,7292	0,5433	-0,1900	-0,0777	-0,5030
96 h	0,7699	-0,1249	0,0446	-0,7584	0,6417	-0,1900	-0,1437	-0,5958
144 h	0,7624	0,0220	-0,1277	-0,7513	0,6127	-0,0700	-0,1703	-0,5844
240 h	0,7375	0,1100	-0,3153	-0,6575	0,6263	-0,0900	-0,2922	-0,5466

PRILOG 28. Delta E vrijednosti žutih otisaka otisnutih UV sušećom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi Orajet

ŽUTA

20% RTV

100% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,2414	0,1337	0,0381	0,1974
12 h	0,2807	0,1702	0,0130	0,2229
24 h	0,2633	0,1277	0,0313	0,2282
48 h	0,2653	0,1094	0,0188	0,2410
96 h	0,3172	0,1034	-0,0631	0,2932
144 h	0,4603	0,1277	-0,2538	0,3621
240 h	0,4318	0,1094	-0,2462	0,3375

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,0903	0,0769	0,0473	0,0031
12 h	0,1185	0,0961	0,0538	0,0437
24 h	0,1378	0,0705	0,0176	0,1171
48 h	0,2101	0,1025	-0,0056	0,1833
96 h	0,2881	0,0897	-0,0511	0,2689
144 h	0,4389	0,2113	-0,0885	0,3744
240 h	0,4716	0,2305	-0,0783	0,4039

PRILOG 29. Delta E vrijednosti crnih otisaka otisnutih UV sušećom Inkjet bojom na tiskovnoj podlozi Orajet

CRNA

20% RTV

100% RTV

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	2,7866	2,3650	-1,2243	0,8205
12 h	2,7652	2,3014	-1,3178	0,7828
24 h	2,8230	2,3297	-1,3788	0,8003
48 h	3,0099	2,4990	-1,4711	0,8064
96 h	2,9926	2,4214	-1,5487	0,8330
144 h	2,8593	2,2661	-1,5659	0,7671
240 h	3,0339	2,4567	-1,6007	0,7789

	dE ₀₀	dL ₀₀	dC ₀₀	dH ₀₀
0 h	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6 h	0,3073	-0,3014	-0,0274	0,0527
12 h	0,1684	-0,1601	-0,0520	-0,0007
24 h	0,2430	-0,1601	-0,1703	-0,0665
48 h	0,2450	-0,0370	-0,2237	-0,0928
96 h	0,6662	0,0802	-0,5782	-0,3210
144 h	0,9668	0,3772	-0,7934	-0,4036
240 h	1,6415	0,7815	-1,2319	-0,7524