

# Usporedba optičke stabilnosti uzoraka otisnutih s UV bojom i s konvencionalnom bojom

---

**Radić Seleš, Valentina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*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:216:293011>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-04**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET**

**VALENTINA RADIĆ SELEŠ**

**USPOREDBA OPTIČKE STABILNOSTI  
UZORAKA OTISNUTIH S UV BOJOM I S  
KONVENCIONALNOM BOJOM**

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, 2017



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

**VALENTINA RADIĆ SELEŠ**

**USPOREDBA OPTIČKE STABILNOSTI  
UZORAKA OTISNUTIH S UV BOJOM I S  
KONVENCIONALNOM BOJOM**

**DIPLOMSKI RAD**

Mentor:  
doc.dr.sc. Irena Bates

Studentica:  
Valentina Radić Seleš

Zagreb, 2017.

## *ZAHVALE*

Velike zahvale upućujem svojoj mentorici doc.dr.sc. Ireni Bates koja mi je bila od neizmjerne pomoći prilikom pisanja ovog diplomskog rada i odrade eksperimentalnog dijela. Zahvaljujem joj na angažiranosti, vremenu i trudu koji je uložila za ovaj rad.

## **SAŽETAK**

Ofsetni tisak je tehnika tiska koja je još uvijek vodeća tehnika kod tiska papirnatih i kartonskih podloga, iako digitalni tisak također pokriva dosta veliko područje. UV ofsetni tisak u odnosu na konvencionalni ofsetni tisak razlikuje se, između ostalog, po drugačijem procesu sušenja. Ovom tehnologijom otisci se suše djelovanjem UV energije preko polimerizacije radikala.

Cilj ovog rada je usporediti optičku stabilnost pri ubrzanom starenju uzoraka otisnutih s UV ofsetnom bojom i konvencionalnom ofsetnom bojom.

Otiskivanje u ovom radu provodit će se na tri različite tiskovne podloge. Uzorci će biti otisnuti s UV bojom i konvencionalnom ofsetnom bojom u realnoj proizvodnji. Simulacija ubrzanog starenja na uzorcima izvesti će se na dva načina: s povišenom temperaturom ( $T = 60^{\circ}\text{C}$ , u periodu od 24, 72 i 96 sati) i s Xenon lampom ( $T = 60^{\circ}\text{C}$ ,  $t = 24$  sata). Na uzorcima će doći do određenog pada kvalitete otisaka koja može, a i ne mora biti vidljiva ljudskom oku.

Cilj rada je definirati promjene u kvaliteti otisaka i zaključiti razliku između otisaka otisnutih UV i konvencionalnim bojama i u kojem je slučaju potrebna dodatna zaštita otiska kako bi se smanjila moguća promjena u obojenju djelovanjem dužeg stajanja u navedenim uvjetima.

## **KLJUČNE RIJEČI:**

- UV boje
- Konvencionalne boje
- Ubrzano starenje
- Optička stabilnost
- CIE LAB

## ***SUMMARY***

Offset printing is a printing technique that is still the leading technique for printing paper and board bases, although digital printing also covers a large area. UV offset printing compared to conventional offset printing differs, among other things, by a different drying process. With this technology, the prints are dried by UV energy through the polymerization of the radical.

The aim of this study is to compare optical stability of prints printed with UV offset printing ink and conventional offset printing ink after a treatment with accelerated aging. The simulation of accelerated aging on the samples will be performed in two ways: with elevated temperature ( $T = 60^{\circ}\text{C}$ , in period of 24, 72 and 96 hours) and Xenon lamp ( $T = 60^{\circ}\text{C}$ ,  $t = 24$  hours). Samples will have a certain drop in the print quality that may and may not be visible to the human eye.

The aim of the study is to define the changes in the quality of the prints and to conclude the difference between the imprints printed in UV and conventional inks and in which case additional print protection is required in order to reduce the possible change in coloration by acting longer in stated conditions.

## ***KEY WORDS:***

- UV inks
- Conventional inks
- Accelerated aging
- Optical stability
- CIE LAB

## **SADRŽAJ**

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	2
2.1 Konvencionalne ofsetne boje .....	2
2.1.1. UV ofsetne boje.....	4
2.2. Ofsetni tisak .....	7
2.3. Ubrzano starenje.....	8
2.4. Kolorimetrijske vrijednosti.....	10
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	13
3.1. Korištene tiskovne podloge .....	13
3.2. Korištene tiskovne boje .....	15
3.3. Metode ubrzanog starenja.....	15
3.3.1. Ubrzano starenje otisaka povišenom temperaturom .....	15
3.3.2. Ubrzano starenje otisaka ksenonskim svjetlom.....	16
3.4. Metoda mjerenja kvalitete otiska .....	17
3.5. Mjerenje otisaka .....	17
3.6. Vizualna analiza uzoraka.....	18
<b>4. REZULTATI</b> .....	19
<b>5. RASPRAVA</b> .....	39
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	43
<b>7. LITERATURA</b> .....	45

## 1. UVOD

U današnje vrijeme uz veliku konkurenciju u grafičkoj industriji primarni su ciljevi ostvarivanje kvalitetne reprodukcije, odnosno kvalitetnog otiska, te brži rokovi isporuke. Moderna tehnologija i dobra organizacija omogućuje povezivanje ovih parametra. UV tehnologija, za razliku od tiska konvencionalnim bojama i sušenjem, omogućuje bržu izradu određenog proizvoda zbog drugačijeg procesa sušenja otiska. Zahvaljujući UV lampama, arak se automatski suši odmah po nanosu boje te iz stroja izlazi suh i spreman za daljnju obradu, odnosno sve doradne procese. Također, ne dolazi do upijanja boje u papir što otisak čini postojanim i gotovo jednakim zadanim vrijednostima.

Kvaliteta otiska može se definirati na temelju nekoliko kvalitativnih parametara (npr. integralna gustoća obojenja, reprodukcija finih rasterskih elemenata, raspon gustoće obojenja, ravnomjerna reprodukcija nanosa tiskarske boje itd.). Neki od glavnih faktora koji utječu na promjenu kvalitete otiska, odnosno njegovog obojenja su: izvor svjetla, pozadinska osvjetljenost, temperatura, vlaga i tiskovna podloga. [1,2]

U ovom diplomskom radu cilj je bio ispitati i usporediti optičku stabilnost otisaka nakon izvršenog procesa ubrzanog starenja povišenom temperaturom od 60°C u periodu od 24, 72 i 96 sati te ksenon lampom u periodu od 24 sata.

Uzorci su otisnuti sa UV ofsetnom bojom i konvencionalnom ofsetnom bojom na tri različite vrste tiskovnih podloga različitih gramatura.

Usporedba optičke stabilnosti uzoraka otisnutih UV bojom i konvencionalnom bojom promatrati će se na osnovu promjena spektrofotometrijskih vrijednosti ( $L^*a^*b^*$ ) i subjektivnom analizom uzoraka gdje će ispitanici vizualno usporediti i ocijeniti razliku između starenih i nestarenih otisaka.



## **2. TEORIJSKI DIO**

### *2.1. Konvencionalne ofsetne boje*

U svakoj tehnici tiska koriste se tiskarske boje koje su specijalno prilagođene za tu tehniku. U ofsetnom se tisku koriste guste, odnosno pastozne tiskarske boje čiji dinamički viskozitet ima vrijednost od 40 do 1000 Pa•s.

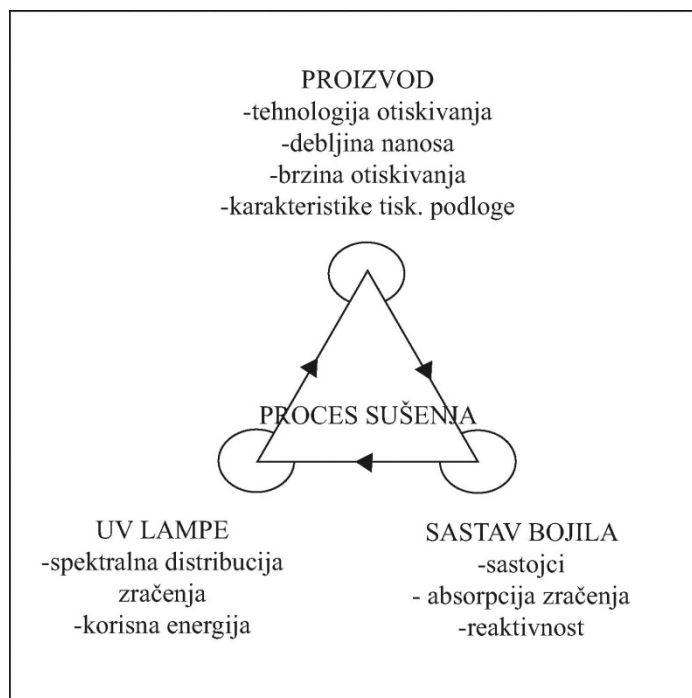
Njih je potrebno razribavati kako bi im se smanjio viskozitet i pripremlilo ih za tisak. Osnovne komponente ofsetnih tiskarskih boja su pigmenti, punila (pomoćni pigmenti), veziva (ulja i smole), sušila (sikativi) te razni dodaci. U ofsetnom tisku, tiskarske boje suše se penetracijom i oksipolimerizacijom. Penetracija, kao fizikalna metoda sušenja, postiže se interakcijom između tiskarske boje i tiskovne podloge te ovisi o viskozitetu tiskarske boje, vezivu u tiskarskoj boji i upojnosti tiskovne podloge. Zbog kapilarne upojnosti papira, tiskarska boja penetrira i probija se kroz njegovu površinu. Nakon penetracije slijedi kemijska faza sušenja, odnosno oksidacija i polimerizacija ulja i smola unutar tiskarske boje. Time tiskarska boja dobiva određenu konzistenciju, otpornost na otiranje i prikladnu elastičnost kako bi osigurala kvalitetan otisak [3,4]. Općenito se smatra da je tiskarska boja za indirektni plošni tisak najsloženija boja. Ova boja izložena je djelovanju tekućine za vlaženje i mora podnijeti dvostruki prijelaz-prijelaz s tiskovne forme na ofsetni cilindar te prijelaz s ofsetnog cilindra na tiskovnu formu. Boje za plošni tisak ne smiju u većoj količini emulgirati vodu (iz tekućine za vlaženje) što se zbiva ako s boja previše razrijedi ili ako se doda previše sušila. Od ovih se boja očekuje dobra ljepljivost, no ovdje treba postići optimum, oštar otisak, a da ne dođe do „čupanja“ papira. Ova dva zahtjeva treba uskladiti, prvenstveno odabirom pravilne viskoznosti boje, ovisno o brzini tiska. Nanosi boje na tiskovnu podlogu u odnosu na druge tehnike tiska su tanji što znači da pigmenti boja za ofsetni tisak moraju biti vrlo izdašni te da je koncentracija pigmenata u boji velika. Od pigmenata se također očekuje otpornost na vodu i kiseline, u protivnom dolazi do toniranja. Boja mora biti strukturirana tako da sušive komponente u boji ne otvrdnu dok se ona prenosi preko valjaka u bojaniku ili dalje preko temeljnog cilindra i gumene navlake. Na tržištu je dostupan čitav niz boja za ofsetni tisak [5]:

Tablica 1. Vrste boja za ofsetni tisak

VRSTA BOJE	Osobina, korištenje i vrsta sušenja
Univerzalne ili standardne boje	Mogu se koristiti na jednobojnom ili višebojnom ofsetnom stroju na arke. U skladu su s uobičajenim zahtjevima s obzirom na sjaj i otpornost na abraziju te suše penetracijom i oksidacijom/okspolimerizacijom. Upotreba na nepremazanim i premazanim papirima.
Boje visokog sjaja	Tiskarske boje za postizanje visokog sjaja na papiru. Preduvjet je korištenje sjajnog papira ili papira s visokim sjajem. Sušenje se odvija apsorpcijom i oksidacijom / oksipolimerizacijom .
Tiskarske boje s dobrom otpornošću na habanje	Tiskarske boje otporne na habanje posebno se koriste za tisak ambalaže i mat premazanog papira. Sušenje se odvija brzom apsorpcijom i oksidacijom / oksipolimerizacijom .
Tiskarske boje bez mirisa	Tiskarske boje za tisak na ambalaži za hranu. One imaju posebnu strukturu veziva, ali njihova svojstva su usporediva s konvencionalnim tiskarskim bojama.
Boje za tisak na folije	Tiskarske boje koje se suše samo oksidacijom / oksipolimerizacijom te se stoga koriste isključivo na neupojnim tiskovnim podlogama, kao što su metalizirani papiri i plastične folije.
Heat-set boje za revijalni tisak	Heat-set tiskarske boje za revijalni tisak koje se suše pretežno vrućim zrakom. Mineralna ulja sadržana u vezivu su posebnog sastava koja isparavaju (i djelomično se upijaju u tiskovnu podlogu) dok otisci prolaze kroz uređaj za sušenje. Sušenje se odvija fizički.
Cold set tiskarske boje za novinske rotacije	Posebne tiskarske boje za tisak na roto-papir. Tiskarske boje rotacijskog tiska suše se fizički apsorpcijom u papir.

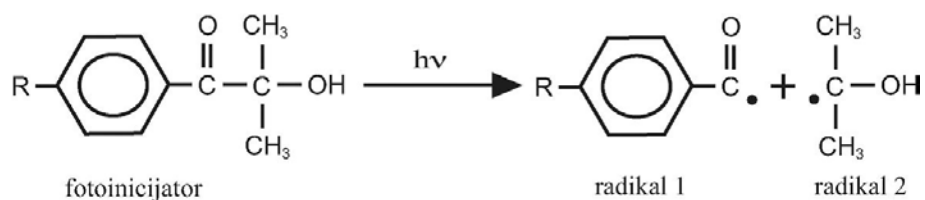
### 2.1.1. UV ofsetne boje

UV tehnologija novi je pogled u svijet tiska. Tehnologija otiskivanja s UV zračenjem omogućuje brzo sušenje sloja boje preko fotokemijskog procesa. Sastav ovih boja u odnosu na boje bazirane na otapalu bitno se razlikuje. 'UV boje' građene su od pigmenata, oligomera, monomera, fotoinicijatora (1-2%) te dodataka [6, 7]. Prelazak boje iz tekuće faze u visoko umreženu čvrstu fazu događa se rapidno na osnovu kemijskih reakcija iniciranih ultraljubičastim svjetlom (od 200 nm do 400 nm). Ovisno o vezivima (monomerima i oligomerima) te fotoinicijatorima ove boje mogu se sušiti na dva načina, preko polimerizacije radikala ili kationske polimerizacije. Polimerizacijom radikala ostvaruje se brzo sušenje boje preko radikala. Ultraljubičasto zračenje inicira raspadanje fotoinicijatora na dva reaktivna radikala. Radikali se spajaju s monomerima i započinje polimerizacija (slika 2). Kod kationske polimerizacije sušenje boje događa se pomoću kationa, ali s dugotrajnim sušenjem unutar boje. U odnosu na polimerizaciju radikala, kod kationske polimerizacije fotoinicijatori se prilikom djelovanja zračenja ne raspadaju na radikale, nego pozitivne i negativne nabijene čestice, ione. Stvaraju se vrlo reaktivni kationi koji se vežu za monomere i započinje lančana reakcija, polimerizacija. Kod kationske polimerizacije UV energija potrebna je samo za iniciranje procesa sušenja, odnosno stvaranje reaktivnih kationa (slika 3) [8]. Energetski sušene boje sadrže vrlo intenzivan miris te su radi drugačijeg načina sušenja smanjene poteškoće pri prijenosu boje na tiskovnu podlogu. Reprodukcije s UV bojama sadrže izuzetno dobru kemijsku i mehaničku otpornost te visoku sjajnost, za što su uglavnom zaslužni oligomeri [9,10]. Na proces sušenja značajno utječu nekoliko faktora. Na slici 1. prikazani su faktori koji utječu na proces sušenja.

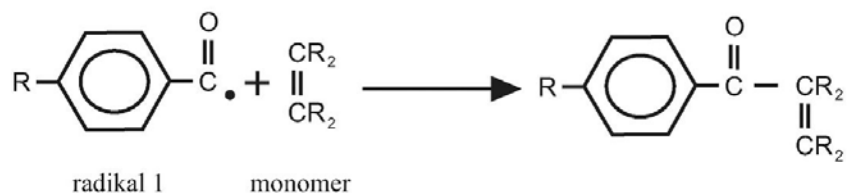


Slika 1. Faktori koji djeluju na proces sušenja bojila UV energijom [11]

1. Raspadanje fotoinicijatora u radikale

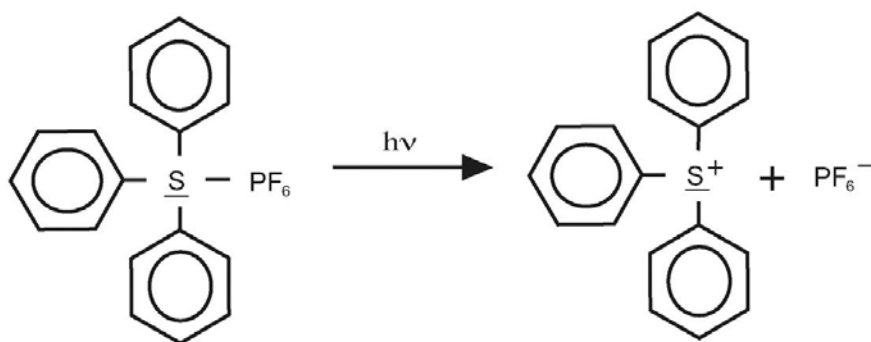


2. Početak polimerizacije

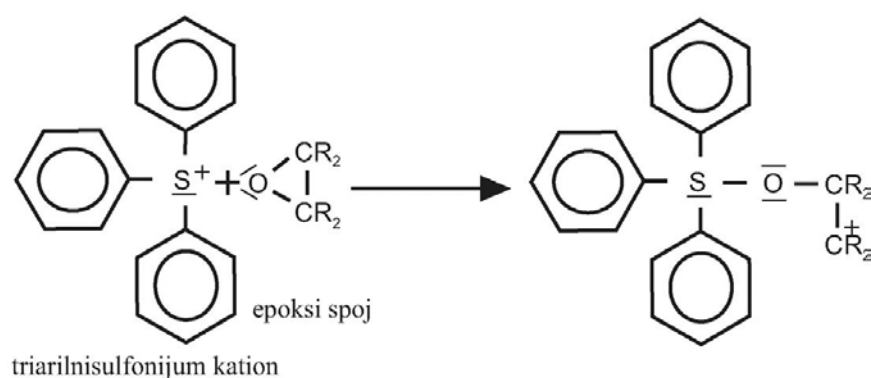


Slika 2. Polimerizacija radikala [12]

1. Stvaranje kationa



2. Početak polimerizacije



Slika 3. Kationska polimerizacija [13]

UV lampa, koja je građena od visoko kvalitetnog kvarcnog stakla, proizvodi samo 45% UV energije koja pada na podlogu, ostali udio UV energije emitira od reflektora, koji su smješteni oko UV lampe. Najčešće se koriste reflektori od aluminijske, a ovaj materijal sadrži izvrsnu refleksiju do 90% UV energije, dok krom reflektira samo 60%. Reflektori su obično u obliku elipsoidnog ili parabolnog poklopca, koji je zračno ili vodeno hlađen [13].

Otisci korišteni u ovom radu tiskani su na H-UV stroju koji ima brojne pogodnosti u odnosu na otiske tiskane i sušene konvencionalnom metodom. Kako nema dodatnoga sušenja papira nakon tiska, štedi se minimalno 24 sata. Sve to rezultira kraćim rokovima isporuke, obostranim zadovoljstvom te boljom racionalizacijom troškova. Osim vremena, uvelike se štedi i materijal. Količina makulature, odnosno papira potrebnoga za dobivanje korektnoga otiska, bitno je manja. Kako se zahvaljujući UV lampama otisak automatski suši, štedi se i

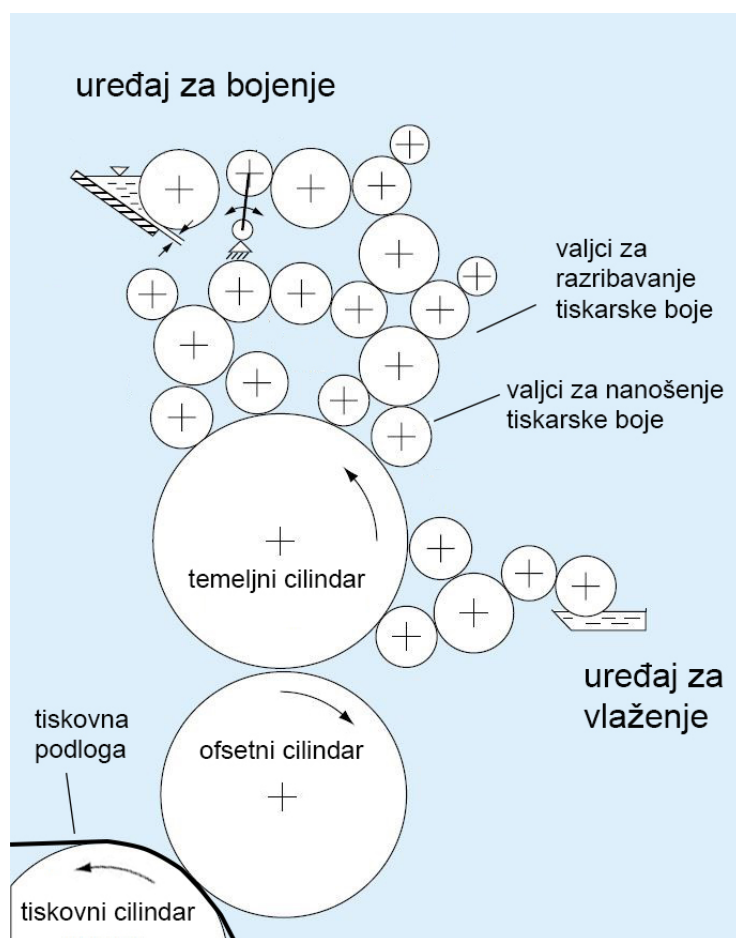
količina korištene boje jer ne dolazi do upijanja boje u papir prilikom sušenja. Samim dolaskom nove tehnologije u potpunosti se iz uporabe izbacuje puder koji se kod konvencionalnoga tiska koristi za sušenje svježih otisnutih araka te kako bi se spriječilo njihovo međusobno lijepljenje. Nekorištenje pudera (koji su zamijenile H-UV lampe) osigurava još veću čistoću prostora i zraka koji se udiše. Buka koju stroj proizvodi, također je znatno manja. Emisije CO<sub>2</sub> na H-UV stroju manje su za 75 % od ukupnih emisija CO<sub>2</sub> koje se proizvedu na konvencionalnim strojevima. Lampe ne zagađuju atmosferu i štede energiju. Konvencionalni stroj proizvede 159,5 tona CO<sub>2</sub> godišnje, a H-UV stroj proizvede 38,8 tona CO<sub>2</sub> godišnje [14].

## 2.2. *Ofsetni tisak*

Ofsetni je tisak i dalje najbolja opcija ako se rade velike naklade te u slučajevima kada se zahtjeva visoka kvaliteta tiska. Ofset tisak je najčešća tehnologija čiji se proces sastoji od osvjetljavanja određene grafičke pripreme na tiskovnu formu nakon čega slijedi sam tisak na arke. Danas, preko 40% cijelog tiska se izvodi u ofsetnoj tehnologiji tiska [15]. Glavna karakteristika ove tehnike tiska je da za ostvarivanje otiska koristi otopinu za vlaženje i tiskarsku boju. Tiskovna forma služi za preuzimanje tiskarske boje i otopine za vlaženje, te se uz djelovanje pritiska stvara otisak na tiskovnoj podlozi. Tiskovna forma sastavljena je od slobodnih površina na kojima se nalazi otopina za vlaženje i od tiskovnih površina koje prenose tiskarsku boju. Otisak se ostvaruje zahvaljujući fizikalno-kemijskim svojstvima tiskovne forme, odnosno, oleofilnom (hidrofobnom) karakteru tiskovnih površina, te oleofobnom (hidrofilnom) karakteru slobodnih površina jer se tiskovne i slobodne površine nalaze na gotovo jednakoj razini. Prema tome, na slobodne površine nanosi se otopina za vlaženje (koju u velikom sastavu čini voda), a na tiskovne površine tiskarska boja [3,4].

Glavne dijelove ofsetnog tiskarskog stroja čine tiskovna jedinica te uređaj za bojenje i uređaj za vlaženje (Slika 4). Tiskovna jedinica je sastavljena od temeljnog, ofsetnog i tiskovnog cilindra. U sklopu uređaja za bojenje, između

ostalnih, nalaze se valjci za razribavanje tiskarske boje. Kako je već spomenuto, tiskarsku boju u ofsetnom tisku karakterizira visoki viskozitet i stoga je razribavanje vrlo bitno kako bi se omogućilo kvalitetno otiskivanje. Na temeljnom cilindru nalazi se tiskovna forma s koje se tiskarska boja i otopina za vlaženje, posredstvom ofsetnog cilindra, prenose na tiskovnu podlogu koja je smještena na tiskovnom cilindru [4].



Slika 4. Ofsetna tiskarska jedinica s uređajem za bojenje i vlaženje [4]

### 2.3. *Ubrzano starenje*

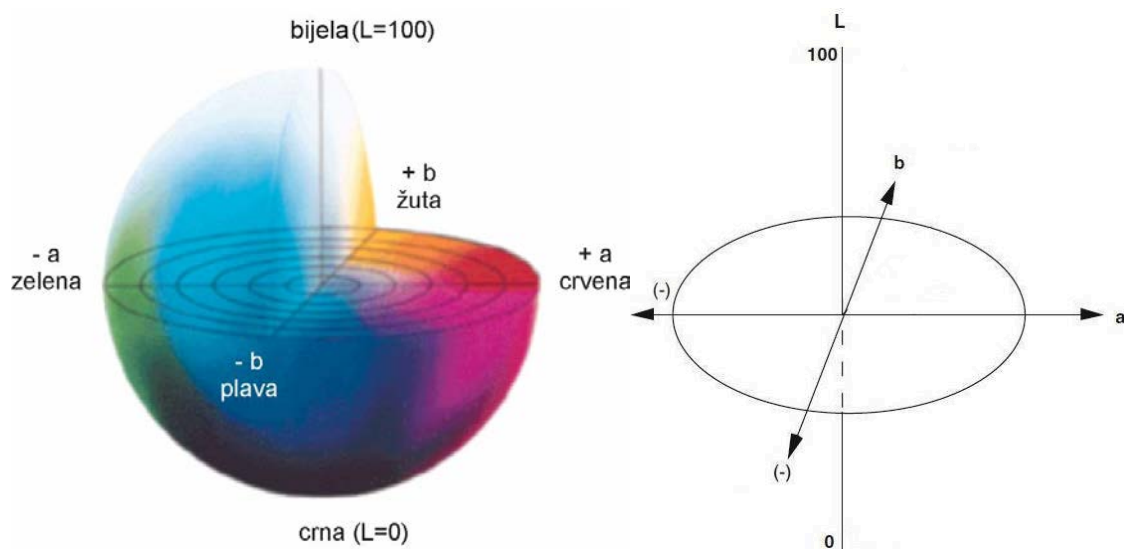
Ubrzano starenje otisaka je proces ispitivanja materijala koji se provodi radi utvrđivanja svih promjena koje bi nastale prirodnim starenjem tijekom dužeg vremenskog perioda. Promjene dobivene u procesu ubrzanog starenja nikako ne mogu zamijeniti dugotrajno prirodno starenje, ali mogu ukazati na moguće ponašanje materijala. Starenje se može definirati kao nepovratna promjena koja se polako javlja tijekom vremena, a u slučaju starenja papirnih podloga dolazi do pogoršanja korisnih svojstava koja ga mogu učiniti neprikladnima za primarnu upotrebu. U praksi se koriste brojni ubrzani testovi starenja s različitim uvjetima starenja između ostalog za procjenu i rangiranje papirnih podloga na njihovu trajnost. Toplina, svjetlost i vlaga glavni su vanjski uzročnici koji utječu na stabilnost papira. Optička stabilnost papira vrlo je važna u grafičkoj industriji jer doprinosi više od bilo kojeg drugog čimbenika ukupnom izgledu papira. Ubrzano starenje uzrokuje fizičke i kemijske promjene koje se javljaju u organskim materijalima i prilikom prirodnog starenja [16,17]. Starenje se provodi po jednoj od metoda koju su razvili INGEDE za uklanjanje boje (deinking) iz tiskanih materijala. Primaran cilj INGEDE kao neprofitne organizacije je održavanje i poboljšanje recikliranja tiskanih grafičkih proizvoda. Razvili su 12 metoda za procjenu reciklaže i postali primarni izvor specijalističkih informacija po pitanju uklanjanja boje (deinkinga) i reciklaže [18]. Za razne proizvođače grafičkog materijala važno je stvoriti proizvode koji mogu izdržati što dulje izlaganje svjetlu i promjenu u temperaturi i vlazi. Kod mnogih grafičkih proizvoda, vijek trajanja nije uvijek isti. Neki proizvodi poput monografija ili enciklopedija, zahtijevaju dugotrajniju uporabu tijekom koje se ne bi trebali mijenjati. Nažalost, mnogi grafički proizvodi starenjem mijenjaju svoja mehanička i optička svojstva, odnosno gube na svojoj kvaliteti i stabilnosti [19,20].



#### 2.4. Kolorimetrijske vrijednosti

Kontrola kvalitete otisaka u grafičkoj industriji vrlo često se promatra u CIE prostoru boja, neki od njih su CIE XYZ, CIE LUV, CIE L\*a\*b\*. Za prikazivanje kolorimetrijskih vrijednosti otisaka najčešće se koristi CIE L\*a\*b\* prostor boja, a pomoću Euklidske razlike između boja ( $\Delta E_{00}$ ) definira odstupanje boja uzrokovano određenim uvjetima. Neki od faktora i/ili uvjeta koji utječu na promjenu boje na otisku su: izvor svjetla, pozadinska osvjetljenost, temperatura, tiskovna podloga itd. [4,2]. Cilj svakog procesa otiskivanja je ostvarivanje što kvalitetnije reprodukcije s minimalnim devijacijama tijekom određenog vremenskog perioda. Te devijacije u tisku mogu se mjeriti i kontrolirati prema određenim standardima. Međunarodni standard koji je dao preporuke za ofsetni tisak je ISO 23647-2:1998 [21].

CIE (fra. „*Comission Internationale de l'Eclairage*“) je internacionalna komisija za osvjetljenje i utemeljitelj znanosti o boji, razumijevanju nastanka boje, njenog instrumentalnog mjerenja i brojčanog vrednovanja. CIE L\*a\*b\* prostor boja temeljen je na objektivnom vrednovanju boja i najbliži je vizualnoj percepciji. Sastoji se od koordinatnog sustava s tri koordinate (L\*, a\* i b\*). Vrijednost L\* ima raspon od 0 do 100, gdje 0 označava crni, a 100 bijeli ton boje, te prema tome ta koordinata prikazuje svjetlinu (engl. "*lightness*"). Vrijednost a\* u negativnom dijelu koordinatne osi označava zeleni ton (-a\*), a u pozitivnom dijelu crveni ton boje (+a\*), dok vrijednost b\* u negativnom dijelu prikazuje plavi ton (-b\*), a u pozitivnom dijelu osi žuti ton boje (+b\*). Na *Slici 5 i 6* pikazan je trodimenzionalno CIE L\*a\*b\* prostor boja [1].



Slika 5. / Slika 6. Trodimenzionalni prikaz CIE L\*a\*b\* prostora boja

Promjene u obojenju pojedine boje ili razlike u obojenju između dvije boje izražavaju se kolorimetrijskom, odnosno Euklidskom razlikom između boja. Euklidska razlika boja ( $\Delta E_{00}$ ) je ukupna kolorimetrijska razlika između dvije boje u CIE L\*a\*b\* sustavu boja. Definira se kao razlika između koordinata za dva položaja boja, odnosno referentnog i uspoređivanog položaja. Izračunava se kao srednja vrijednost razlika između L\*, a\* i b\*, odnosno L\*, C\* i H\* vrijednosti standarda (referentna vrijednost) i vrijednosti izmjerene na uzorku (uspoređivana vrijednost). Vrijednost ( $\Delta E_{00}$ ) izračunava se pomoću slijedeće jednadžbe [2,19]:

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C^*}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H^*}{K_H S_H}\right)}$$

Gdje  $\Delta L^*$  označava razliku u vrijednostima svjetline,  $\Delta C^*$  razliku u vrijednostima kromatičnosti te  $\Delta H^*$  razliku u vrijednostima tona.  $S_L$ ,  $S_C$  i  $S_H$  su funkcije težine za svjetlinu, kromatičnost i ton dok su  $K_L$ ,  $K_C$  i  $K_H$  faktori koji se definiraju s obzirom na uvjete promatranja, kao što su tekstura i pozadina.

Sa stajališta kontrole kvalitete u grafičkoj tehnologiji, kolorimetrijska razlika definira kvalitetu reprodukcije, odnosno prikazuje odstupanje reprodukcije od originala ili odstupanje referente od uspoređivane vrijednosti. Jednostavno ocjenjivanje odstupanja boja može se provesti na temelju vrijednosti kolorimetrijske razlike na osnovu kriterija prikazanih u *Tablici 4* [2,19]:

Tablica 2. Vrijednosti i tolerancije Euklidske razlike boja

Vrijednost Euklidske razlike boja	Tolerancija
<1	Prosječno ljudsko oko ne vidi razliku
1 - 2	Vrlo mala razlika – optimalno
2 - 3,5	Umjerena razlika
3,5 - 5	Razlika
>5	Velika razlika

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Korištene tiskovne podloge

Postoji veliki raspon tiskovnih podloga koje se koriste u grafičkoj industriji, a neki od njih su papiri, kartoni, polimeri, aluminijske folije, staklo itd. Tiskovne podloge se također biraju ovisno o tehnici tiska, ali i o tiskarskoj boji koja će se na njih otiskivati.

Za potrebe ovog rada korištene su 3 vrste tiskovnih podloga (papira). Bezdrvni visoko bijeli ofsetni papir tržišnog naziva Maxi offset Agrippina (120 g Ag) od proizvođača UPM. Tehničke karakteristike ovog papira prikazane su u Tablici 3.

Tablica 3. Karakteristike nepremazanog papira Maxi Offset

Svojstvo	Standard	Mjerna jedinica	Vrijednost
Gramatura	ISO 536	g/m <sup>2</sup>	120
Debljina	ISO 534	μm	143
Specifični volumen	ISO 534	cm <sup>3</sup> /g	1,19
Bjelina	-	%	150
Svjetlina D65/10°	ISO 2470-2	%	105
Opacitet	ISO 2471	%	97,0
Hrapavost po Bendtsenu	ISO 8791-2	ml/min	250

Nadalje, korišten je bezdrvni obostrano 3 puta premazani papir Magno Satin (90 g KD i 250 g KD) od proizvođača Sappi. Tehničke karakteristike ovog papira prikazane su u Tablici 4 i 5.

Tablica 4. Karakteristike premazanog papira Magno Satin

Svojstvo	Standard	Mjerna jedinica	Vrijednost
Gramatura	ISO 536	g/cm <sup>2</sup>	90
CIE Bjelina D65/10°	ISO 11475	%	127
Opacitet	ISO 2471	%	91
Sjaj TAPPI 75°	ISO 8254-1	%	38
Specifični volumen	ISO 534	g/cm <sup>3</sup>	0,82

Tablica 5. Karakteristike premazanog papira Magno Satin

Svojstvo	Standard	Mjerna jedinica	Vrijednost
Gramatura	ISO 536	g/cm <sup>2</sup>	250
CIE Bjelina D65/10°	ISO 11475	%	127
Opacitet	ISO 2471	%	98,5
Sjaj TAPPI 75°	ISO 8254-1	%	38
Specifični volumen	ISO 534	g/cm <sup>3</sup>	0,90

### 3.2. *Korištene tiskovne boje*

Dio otisaka korištenih za potrebe ovog rada tiskani su ofsetnom tiskarskom bojom proizvođača Flint Group, Novavit® F 918 SUPREME BIO. Navedena boja pogodna je za tisak na premazane sjajne i mat papire, nepremazane papire i kartone. Nije pogodna za tisak prehrambene ambalaže. Drugi dio otisaka tiskani su ofsetnom UV tiskarskom bojom proizvođača Siegwerk, K-Supply KOMORI KG 915.

### 3.3. *Metode ubrzanog starenja*

Simulacija starenja, odnosno ubrzano starenje otisaka izvedeno je djelovanjem ksenonskog svjetla te djelovanjem povišene temperature. Jedan dio otisaka staren je 24 sata djelovanjem ksenonskog svjetla. Drugi dio otisaka staren je u periodu od 24, 72 i 96 sati pod djelovanjem temperature od 60°C prema metodi INGEDE 11p. Prema toj metodi, 72 sata ubrzanog starenja ekvivalentno je prirodnom starenju od 3 do 6 mjeseci [20]. Nakon ovih tretmana, analizirale su se promjene u kvaliteti otisaka.

#### 3.3.1. *Ubrzano starenje otisaka povišenom temperaturom*

Za postizanje uvjeta ubrzanog starenja otisaka pod povišenom temperaturom korišten je sušionik Universal Oven UNB proizvođača Memmert. To je uređaj za prirodnu konvekciju ili prisilnu cirkulaciju zraka koji se može koristiti za starenje, učvršćivanje ili grijanje raznih materijala. U njemu su se uzorci tretirali 24, 72 i 96 sati pod temperaturom od 60°C, kako preporučuje INGEDE metoda 11p.

Tehničke karakteristike uređaja Universal Oven UNB su:

- Zračenje: 1400 W
- Raspon temperature: 20°C – 220°C
- Prirodna konvekcija ili prisilna cirkulacija zraka
- Standard: 93/42 EEC[21]



Slika 7. Laboratorijski uređaj Universal Oven UNB

### 3.3.2. Ubrzano starenje otisaka ksenonskim svjetlom

Za provođenje tretmana ubrzanog starenja otisaka pod ksenonskim svjetlom korišten je uređaj Solarbox 300 od proizvođača Cofomegra. Taj uređaj omogućava simulaciju vremenskih uvjeta na otvorenom i u zatvorenom prostoru, te osigurava kontrolu temperature, kiše i vlage. U njemu su se uzorci eksponirali s filtriranim ksenonskim svjetlom u periodu od 24 sata i pri temperaturi od 60°C, a korišten je filter koji propušta UV i IR svjetlost (engl. „*indoor filter*“). Drugim riječima, simulirali su se uvjeti zatvorenog prostora u kakvom se mogu naći otisnuti proizvodi.

Tehničke značajke uređaja Solarbox 300 su:

- Raspon zračenja: 250 – 1000 W/m<sup>2</sup> (290nm – 800 nm)
- Raspon temperature: 35°C – 100°C
- Simulacija vanjskih i unutarnjih uvjeta (temperatura, kiša i vlaga)
- Standardi: boja/papir – ISO 11798, ISO 12040, ISO 18909, ISO ASTM D3424, ASTM D4303, ASTM D5010, ASTM D6901, ASTM F2366 [19].



Slika 8. Uređaj Solarbox 300

### 3.4. *Metoda mjerenja kvalitete otiska*

U grafičkoj industriji mnogo faktora utječe na konačnu kvalitetu otiska. Kvaliteta se može promatrati i definirati na temelju nekoliko kvalitativnih parametara (npr. integralna gustoća obojenja, reprodukcija finih rasterskih elemenata, raspona gustoće obojenja, prirast rastertonskih vrijednosti, pravilan paser i registar, ravnomjerna reprodukcija punog tona i slično.). Objektivna procjena kvalitete otiska danas je moguća uz pomoć mjernih uređaja poput spektrofotometra [1]. U ovome radu, kvaliteta otisaka definirana je na osnovu kolorimetrijskih vrijednosti dobivenih spektrofotometrom.

### 3.5. *Mjerenje otisaka*

Mjerenje uzoraka napravljeno je prije i nakon svakog tretmana ubrzanog starenja (nakon 24, 72 i 96 sati). Za mjerenje kolorimetrijskih vrijednosti boja na otiscima korišten je spektrofotometar SpectroEye od proizvođača X-Rite (Slika 9) [22].

Tehničke značajke spektrofotometra SpectroEye su:

- Geometrija: 45°/0° (ISO 13655:2009, DIN 5033)



- Mjerna površina: Ø 4,5 mm
- Standardni promatrač (kut promatranja): 2°/10°
- Standardni izvori svjetla: A, C, D50, D65, D75, F2, F7, F11 i F12 [15].

Za potrebe ovog rada korišten je standardni izvor svjetla D65, te kut promatranja od 2°.



Slika 9. Spektrofotometar SpectroEye [15]

### 3.6. Subjektivna analiza uzoraka

Promatrani uzorci, osim kolorimetrijske analize podvrgnuti su i vizualnoj (subjektivnoj) analizi. Ispitanici, koji su stručnjaci u grafičkoj struci, ocijenili su odstupanja u boji između nestarenih i starenih uzoraka. Uzorci su promatrani pod svjetlošću temperature od 5000 K, na crnoj podlozi. Ispitivanje je provedeno na 50 ispitanika. Ocjenjivanje odstupanja u boji provelo se na temelju kriterija prikazanih u Tablici 6.

Tablica 6. Kriterij subjektivne analize

Vrijednost	Tolerancija
-	nema razlike
-/+	mala razlika
+	razlika

#### 4. REZULTATI

U *Tablicama 7-12* prikazane su kolorimetrijske vrijednosti ( $L^*$   $a^*$  i  $b^*$ ) otisaka otisnutih UV i konvencionalnom bojom na sve tri podloge prije tretmana ubrzanog starenja povišenom temperaturom i ksenon svjetlom.

Tablica 7.  $L^*$   $a^*$  i  $b^*$  vrijednosti nestarenih otiska tiskanih UV bojom na nepremazanom papiru.

120 g Agripina			
	UV boja		
	L	a	b
C	62.41	-18.64	-40.89
M	54.74	55.73	-7.99
Y	87.80	-7.34	71.99
K	37.06	1.17	1.64

Tablica 8.  $L^*$   $a^*$  i  $b^*$  vrijednosti nestarenih otisaka tiskanih UV bojom na 90g premazanom papiru.

90 g KD			
	UV boja		
	L	a	b
C	55.87	-25.96	-44.91
M	44.57	70.41	-9.62
Y	85.04	-9.97	87.19
K	22.42	0.67	2.09

Tablica 9. L\* a\* i b\* vrijednosti nestarenih otisaka tiskanih UV bojom na 250g premazanom papiru.

250 g KD			
	UV boja		
	L	a	b
<b>C</b>	58.06	-27.90	-47.27
<b>M</b>	47.27	74.01	-9.42
<b>Y</b>	89.56	-10.21	93.95
<b>K</b>	22.08	0.77	2.63

Tablica 10. L\* a\* i b\* vrijednosti nestarenih otiska tiskanih konvencionalnom bojom na nepremazanom papiru.

120 g Agripina			
	Konvencionalna boja		
	L	a	b
<b>C</b>	61.53	-16.07	-41.69
<b>M</b>	53.40	54.94	-6.56
<b>Y</b>	83.86	-7.86	62.94
<b>K</b>	35.35	0.63	2.04

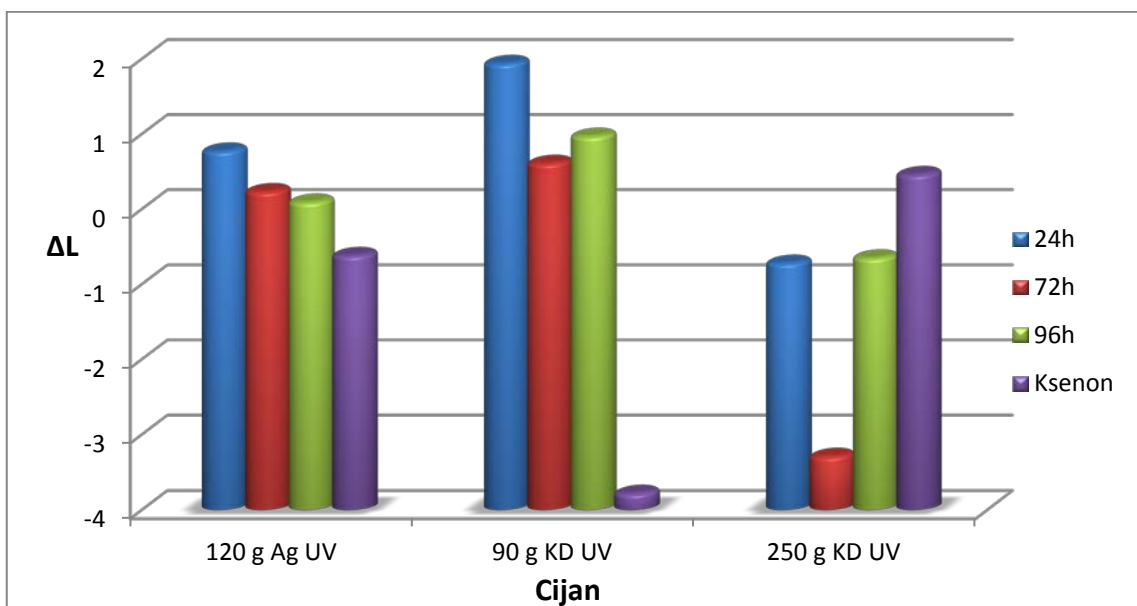
Tablica 11. L\* a\* i b\* vrijednosti nestarenih otisaka tiskanih konvencionalnom bojom na 90g premazanom papiru.

90 g KD			
	Konvencionalna boja		
	L	a	b
<b>C</b>	57.50	-23.93	-46.23
<b>M</b>	46.49	67.82	-9.48
<b>Y</b>	85.62	-11.39	81.74
<b>K</b>	22.60	-0.05	1.00

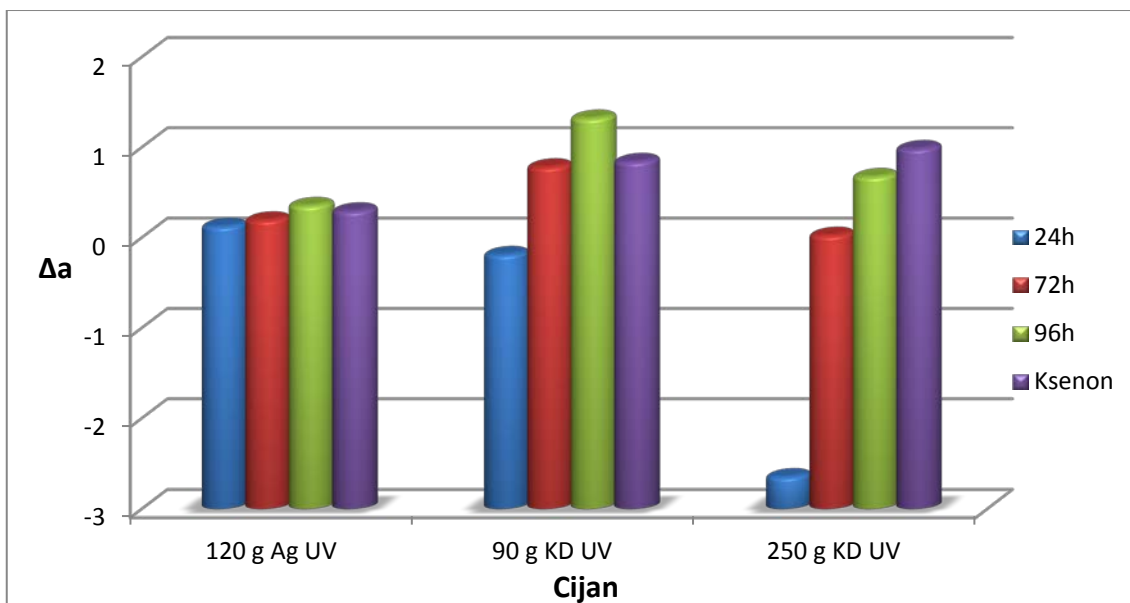
Tablica 12. L\* a\* i b\* vrijednosti nestarenih otisaka tiskanih konvencionalnom bojom na 250g premazanom papiru.

250 g KD			
	Konvencionalna boja		
	L	a	b
<b>C</b>	58.90	-24.76	-48.89
<b>M</b>	45.42	72.73	-8.42
<b>Y</b>	88.31	-11.04	92.94
<b>K</b>	20.98	0.22	0.56

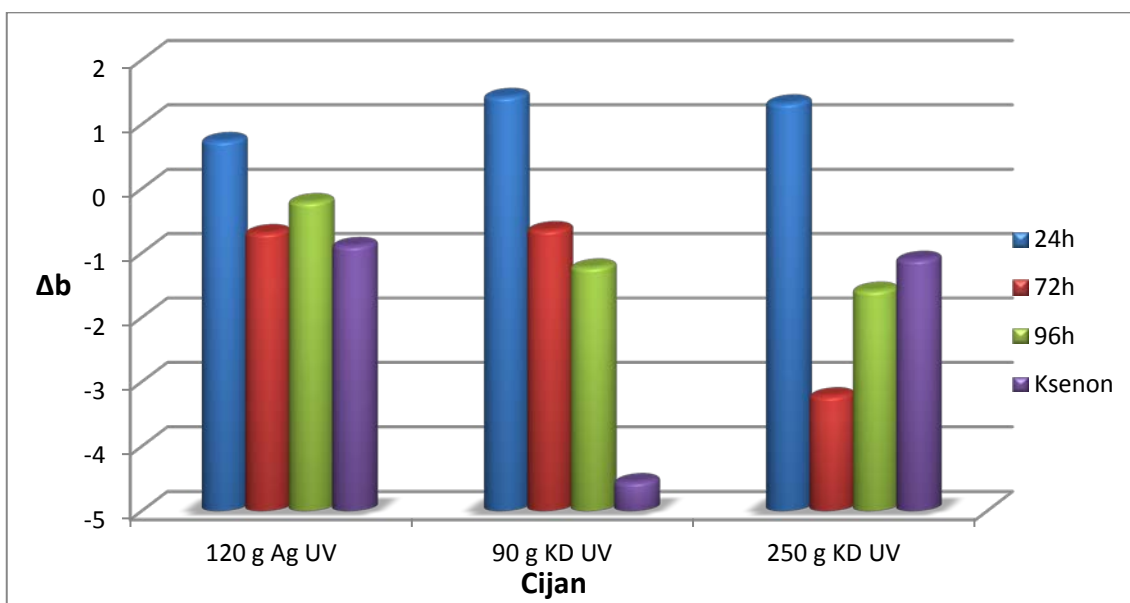
Na slikama 10-15 prikazane su promjene kolorimetrijskih vrijednosti ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ ) za boju cijan na sve tri tiskovne podloge otisnute s UV i konvencionalnom bojom nakon tretmana ubrzanog starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati te nakon tretmana ubrzanog starenja djelovanjem ksenon svjetla. Promjene kolorimetrijskih vrijednosti ( $\Delta$ ) izračunate su oduzimanjem kolorimetrijskih vrijednosti tretiranog uzorka od kolorimetrijskih vrijednosti originalnog uzorka.



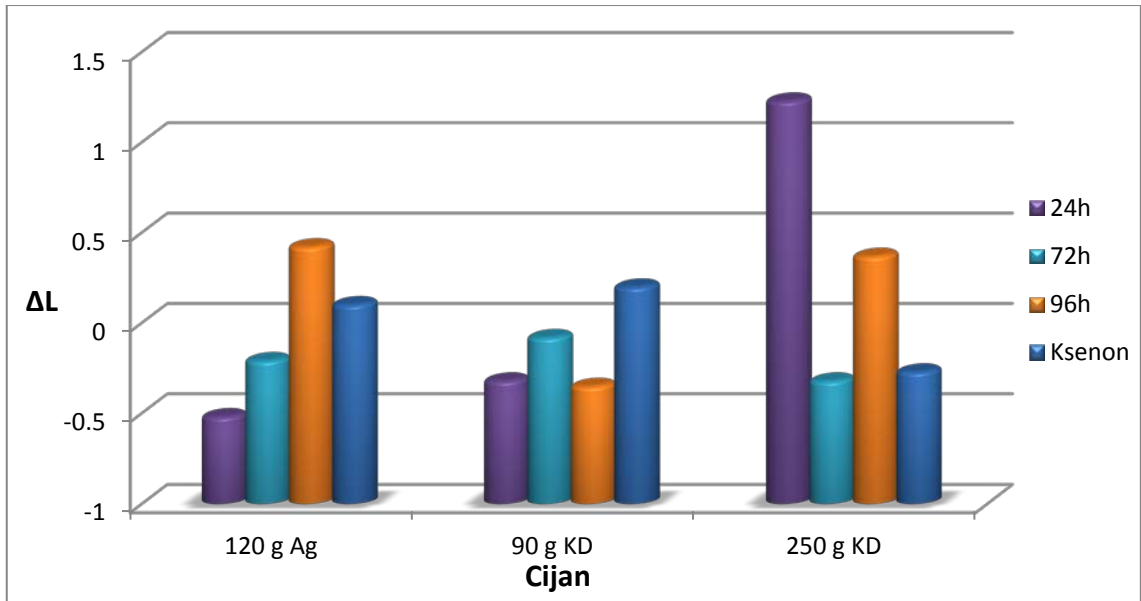
Slika 10. Promjene svjetlina ( $\Delta L^*$ ) UV cijan boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



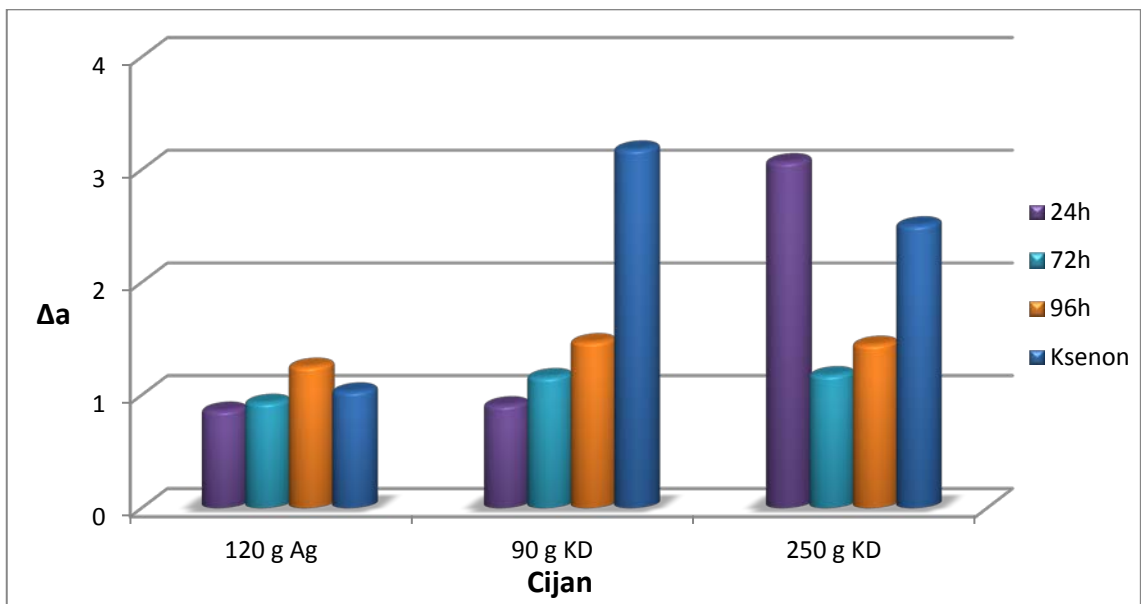
Slika 11. Promjene tona ( $\Delta a^*$ ) UV cijan boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



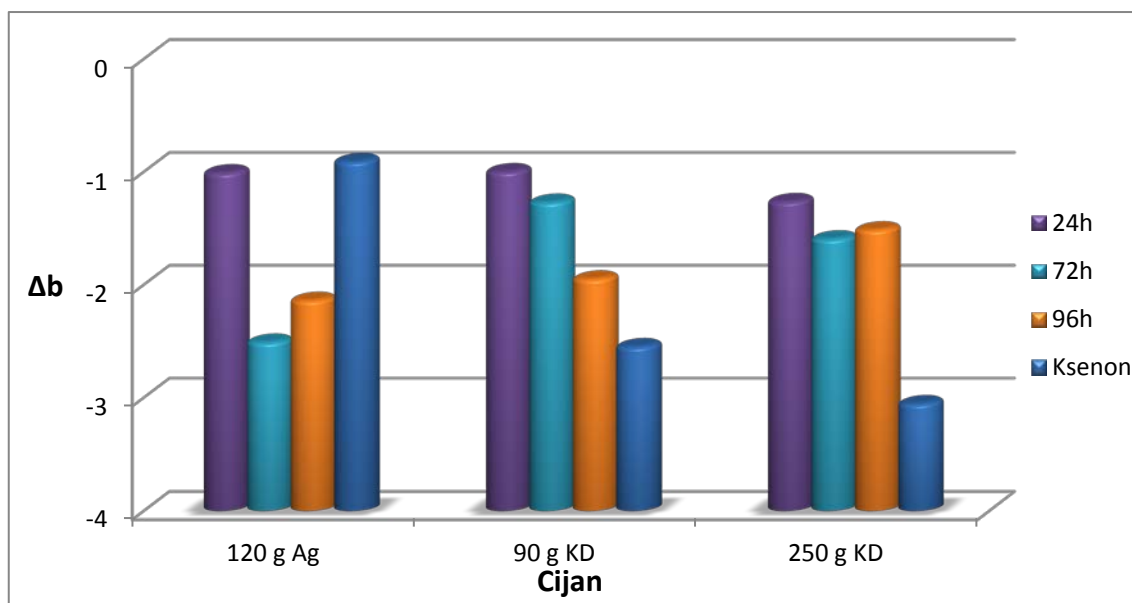
Slika 12. Promjene tona ( $\Delta b^*$ ) UV cijan boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



Slika 13. Promjene svjetlina ( $\Delta L^*$ ) konvencionalne cijan boje nakon starenja povišenom temperaturom od  $60^\circ\text{C}$  u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



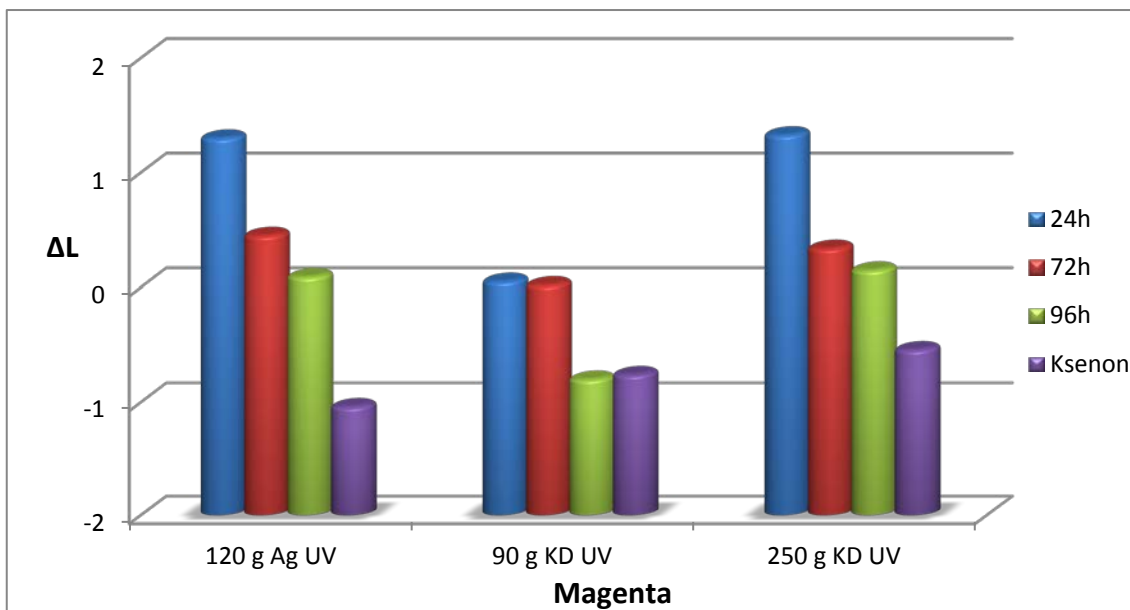
Slika 14. Promjene tona ( $\Delta a^*$ ) konvencionalne cijan boje nakon starenja povišenom temperaturom od  $60^\circ\text{C}$  u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



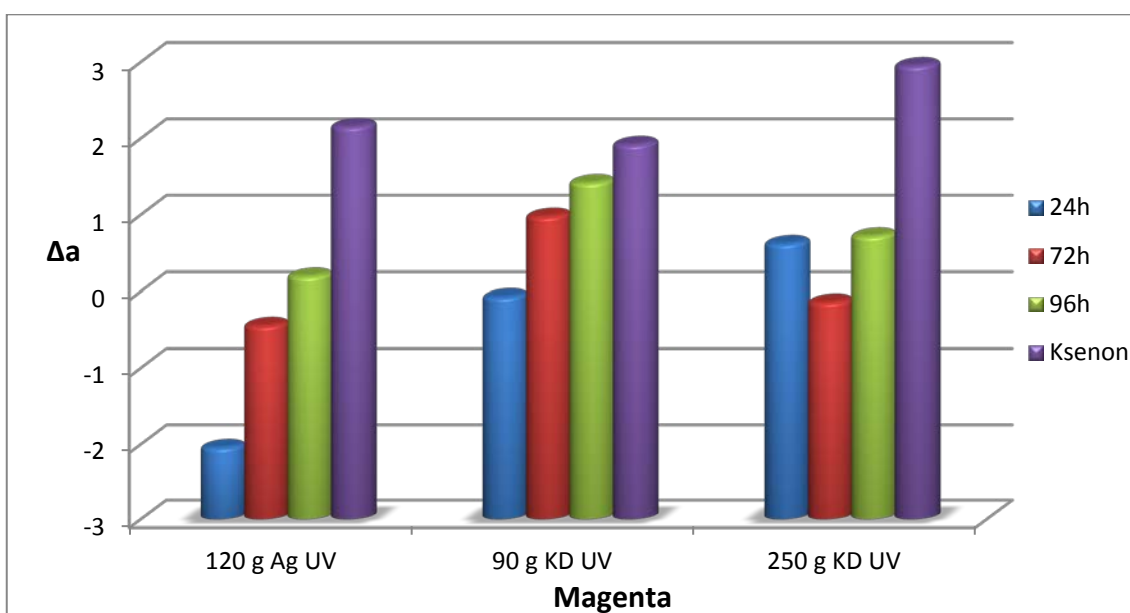
Slika 15. Promjene tona ( $\Delta b^*$ ) konvencionalne cijan boje nakon starenja povišenom temperaturom od  $60^\circ\text{C}$  u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom

Na slikama 16-21 prikazane su promjene kolorimetrijskih vrijednosti ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ ) za magenta boju na sve tri podloge otisnute sa UV i konvencionalnom bojom nakon tretmana ubrzanog starenja povišenom temperaturom od  $60^\circ\text{C}$  u trajanju od 24, 72 i 96 sati te nakon tretmana ubrzanog starenja djelovanjem ksenon svjetlom.

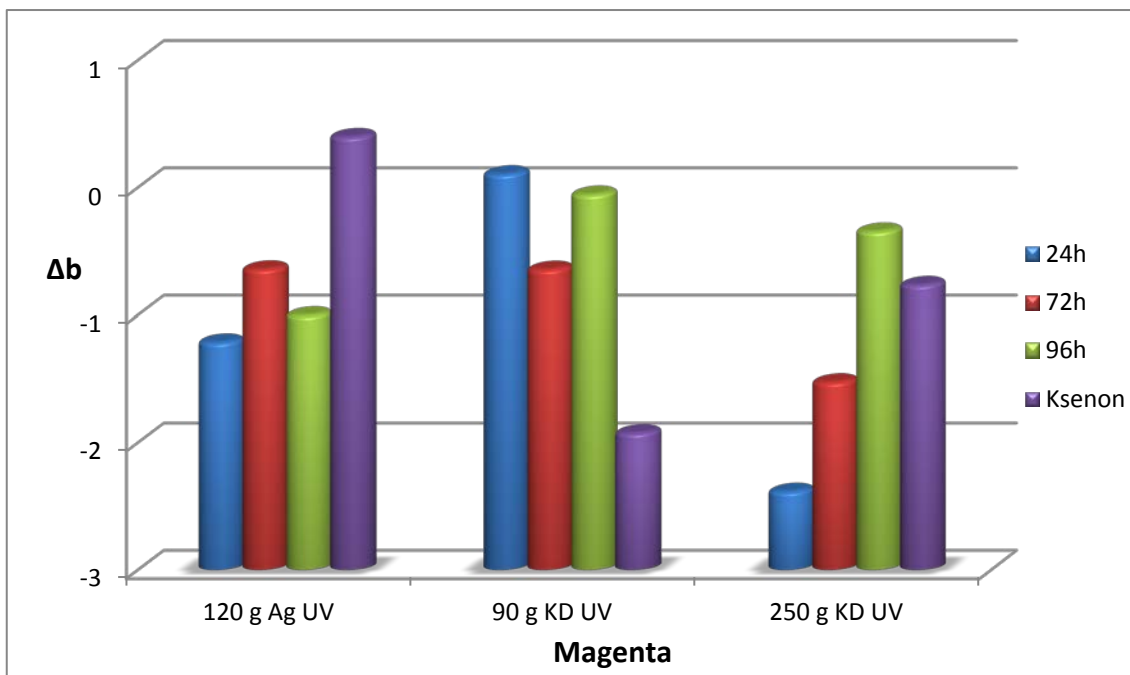




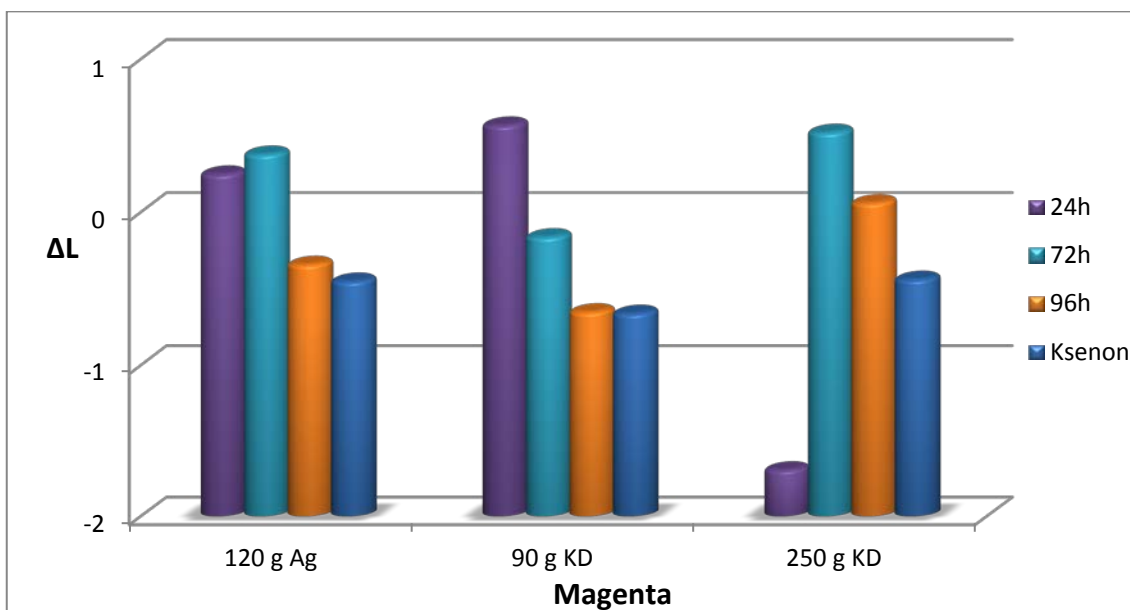
Slika 16. Promjene svjetlina ( $\Delta L^*$ ) UV magenta boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



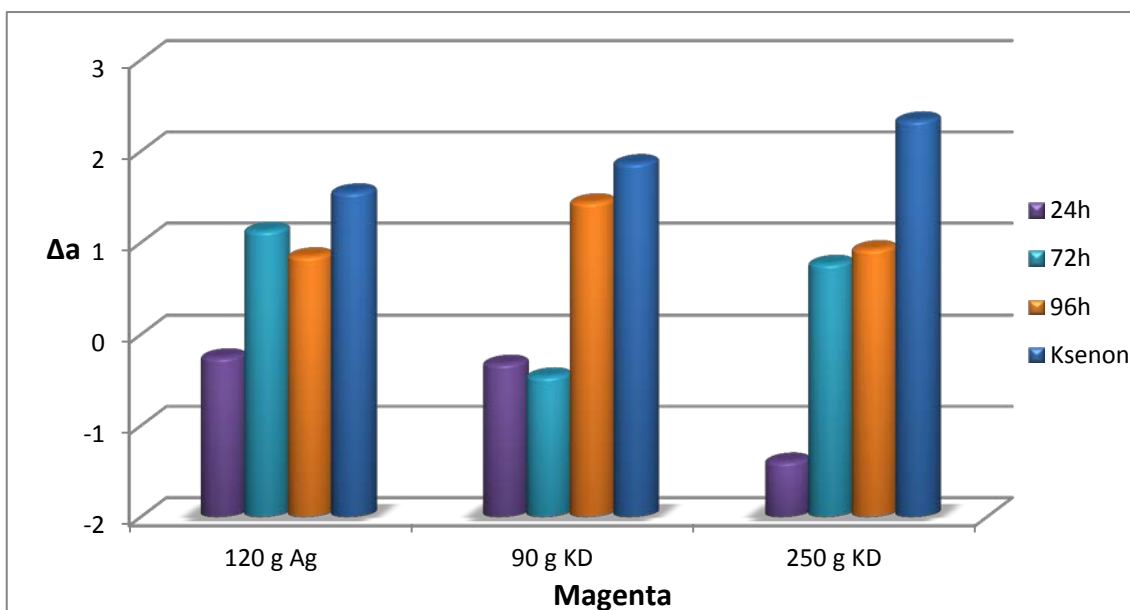
Slika 17. Promjene tona ( $\Delta a^*$ ) UV magenta boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



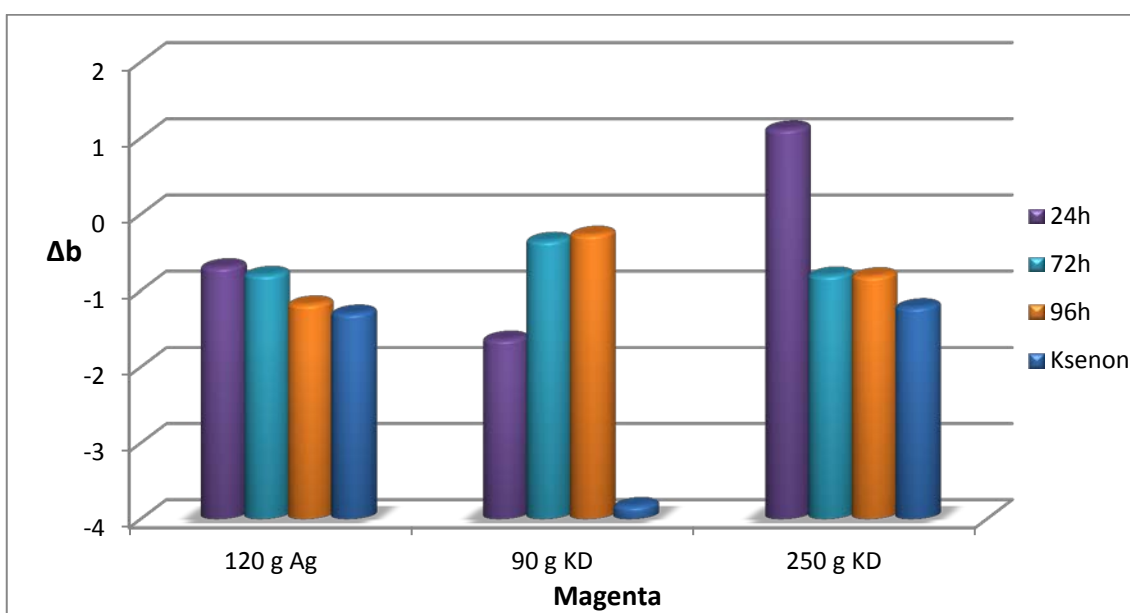
Slika 18. Promjene tona ( $\Delta b^*$ ) UV magenta boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



Slika 19. Promjene svjetlina ( $\Delta L^*$ ) konvencionalne magenta boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom

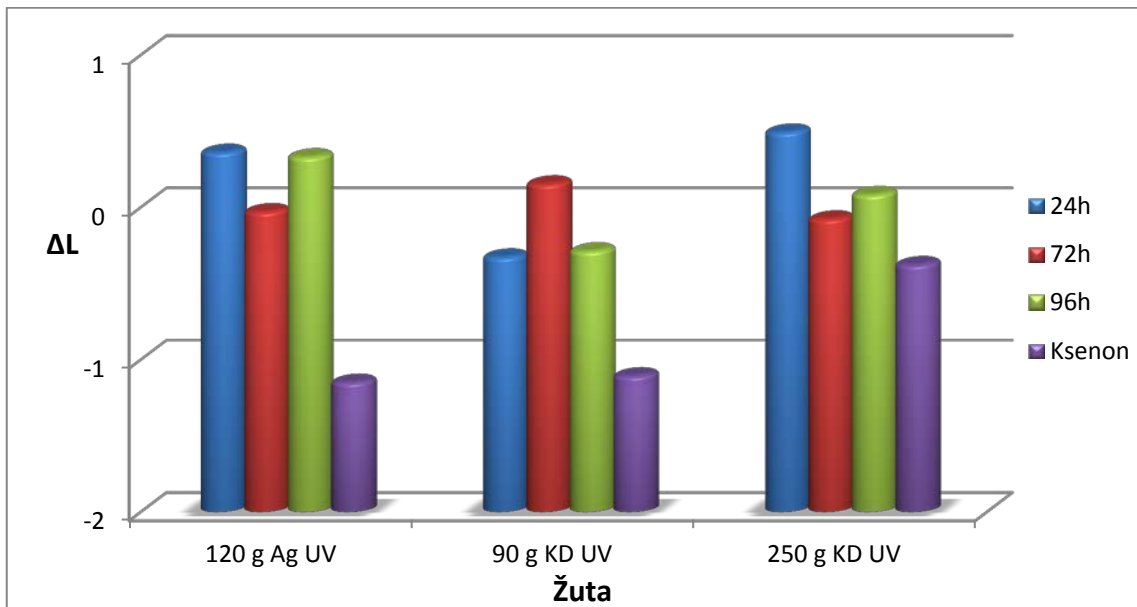


Slika 20. Promjene tona ( $\Delta a^*$ ) konvencionalne magenta boje nakon starenja povišenom temperaturom od  $60^\circ\text{C}$  u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom

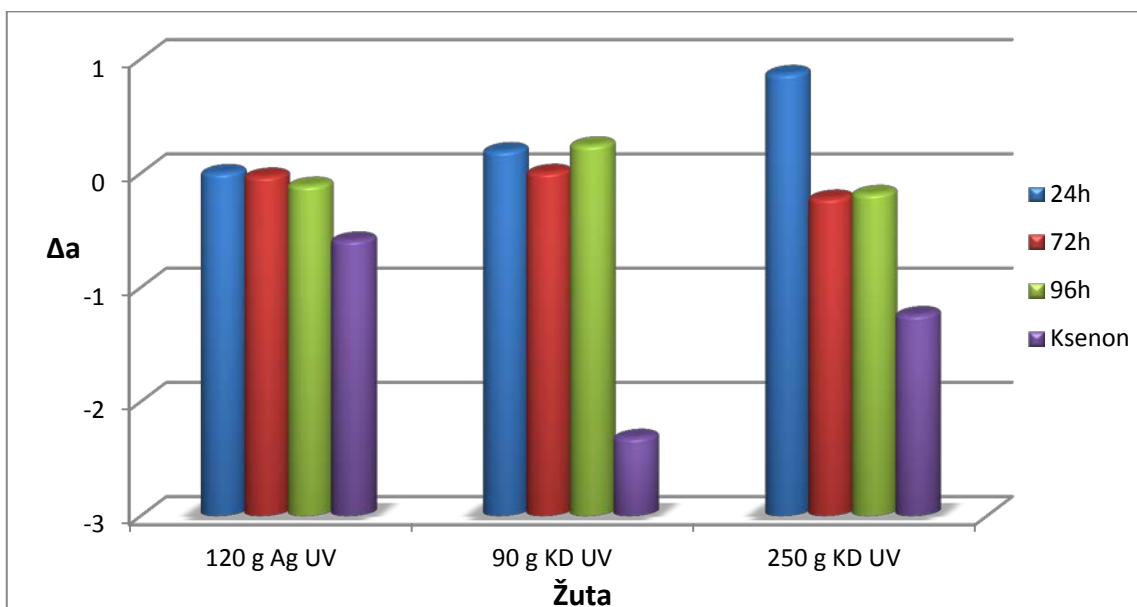


Slika 21. Promjene tona ( $\Delta b^*$ ) konvencionalne magenta boje nakon starenja povišenom temperaturom od  $60^\circ\text{C}$  u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom

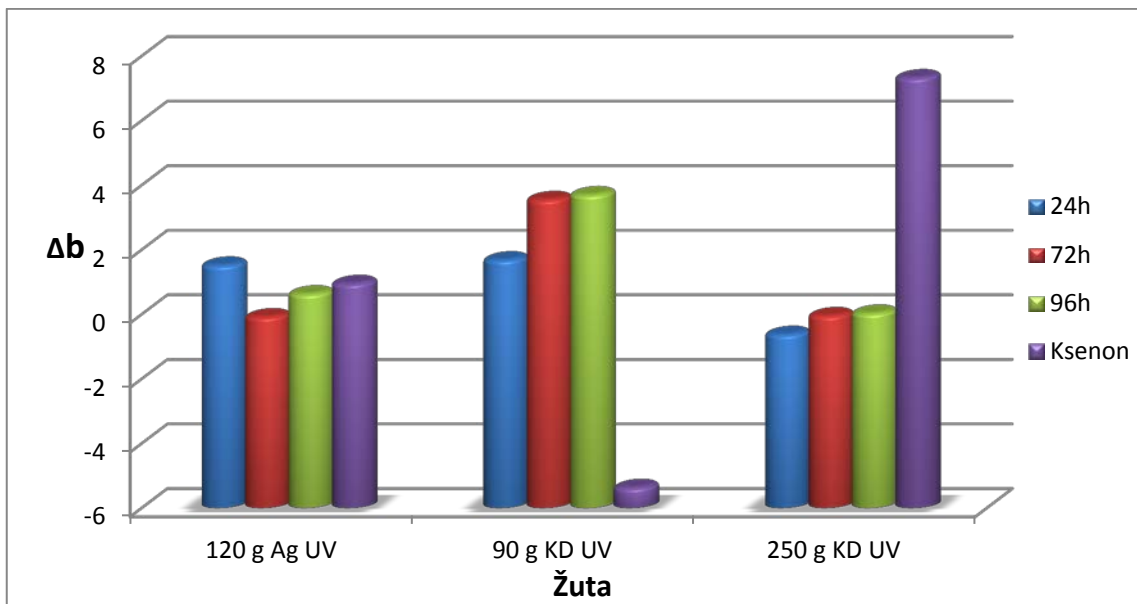
Na slikama 22-27 prikazane su promjene kolorimetrijskih vrijednosti ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ ) za žutu boju na sve tri podloge otisnute sa UV i konvencionalnom bojom nakon tretmana ubrzanog starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati te nakon tretmana ubrzanog starenja djelovanjem ksenon svjetlom.



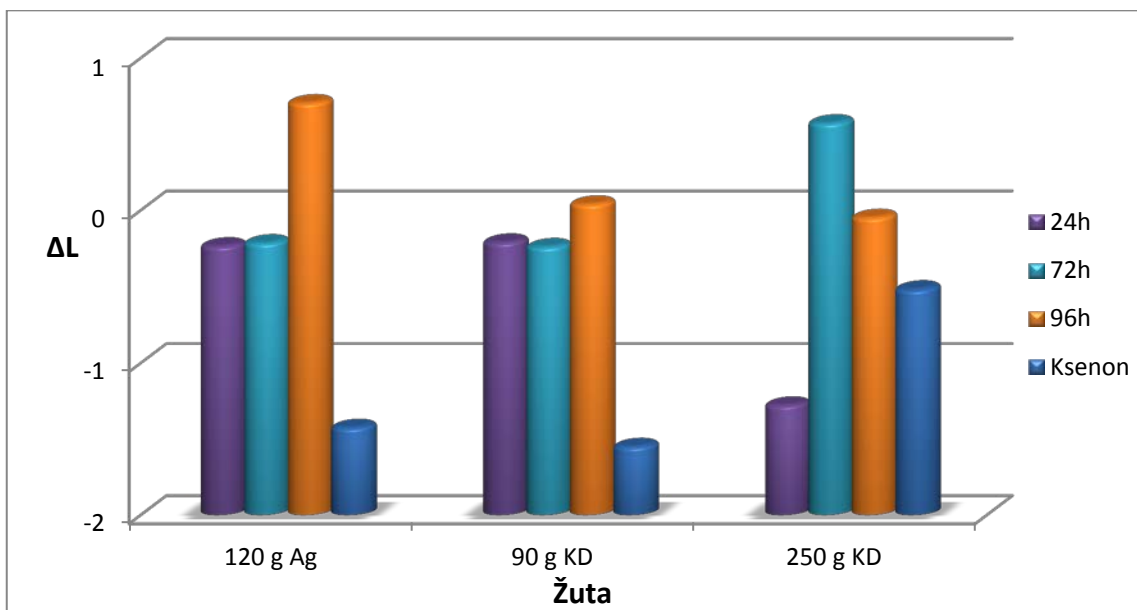
Slika 22. Promjene svjetlina ( $\Delta L^*$ ) UV žute boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



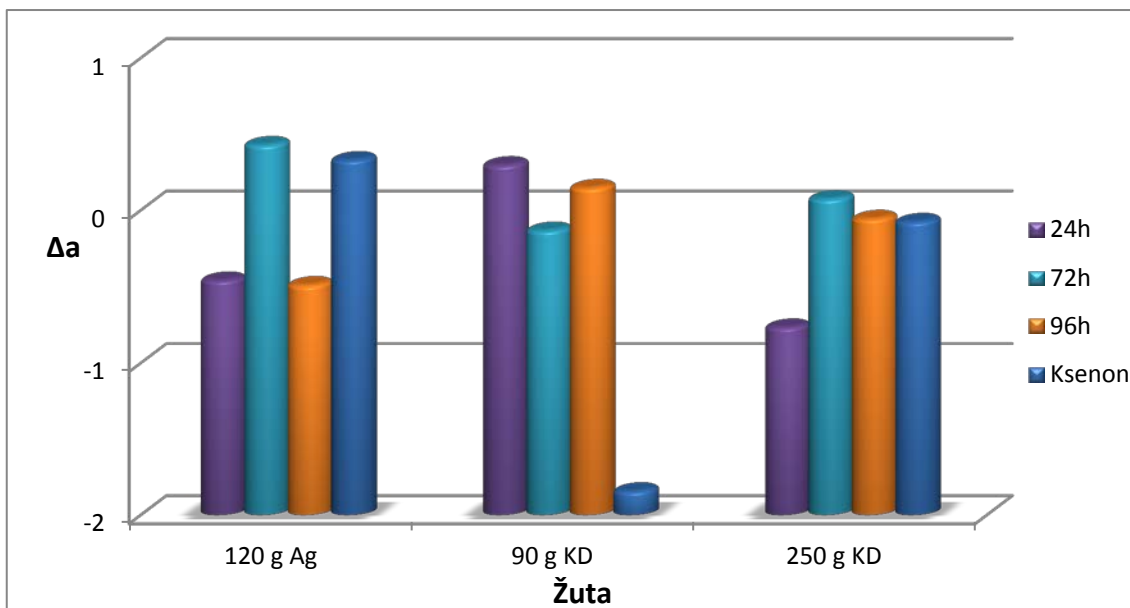
Slika 23. Promjene tona ( $\Delta a^*$ ) UV žute boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



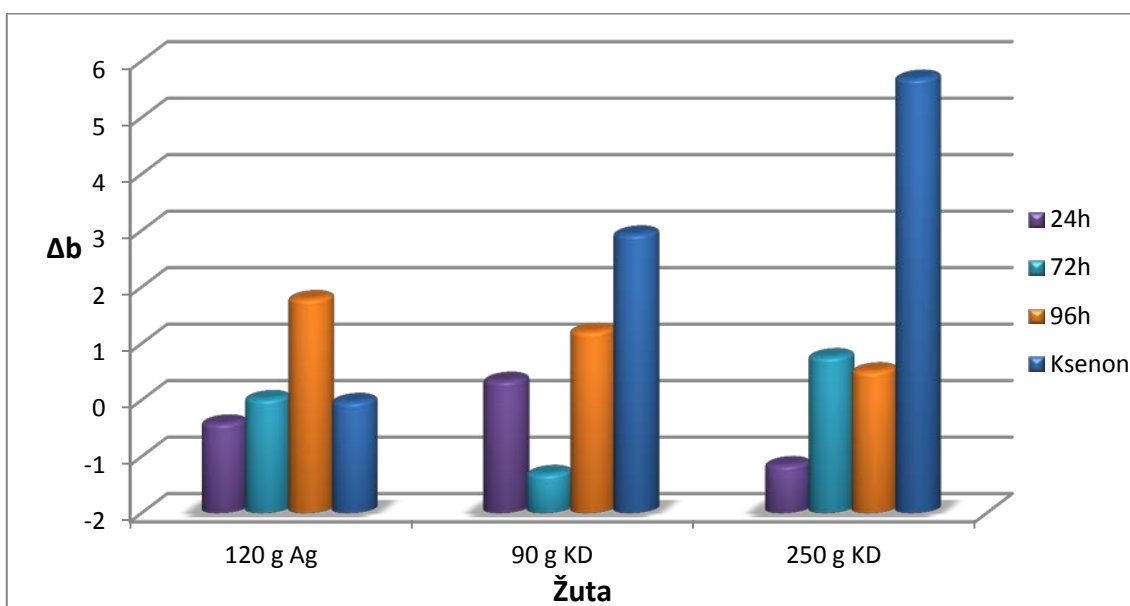
Slika 24. Promjene tona ( $\Delta b^*$ ) UV žute boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



Slika 25. Promjene svjetlina ( $\Delta L^*$ ) konvencionalne žute boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom

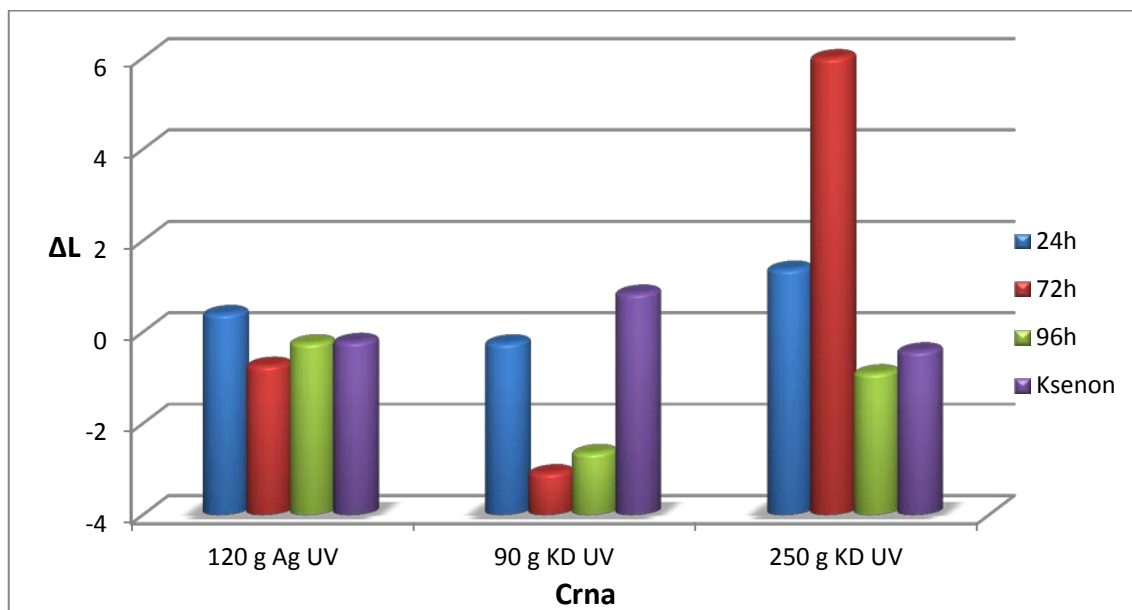


Slika 26. Promjene tona ( $\Delta a^*$ ) konvencionalne žute boje nakon starenja povišenom temperaturom od  $60^\circ\text{C}$  u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom

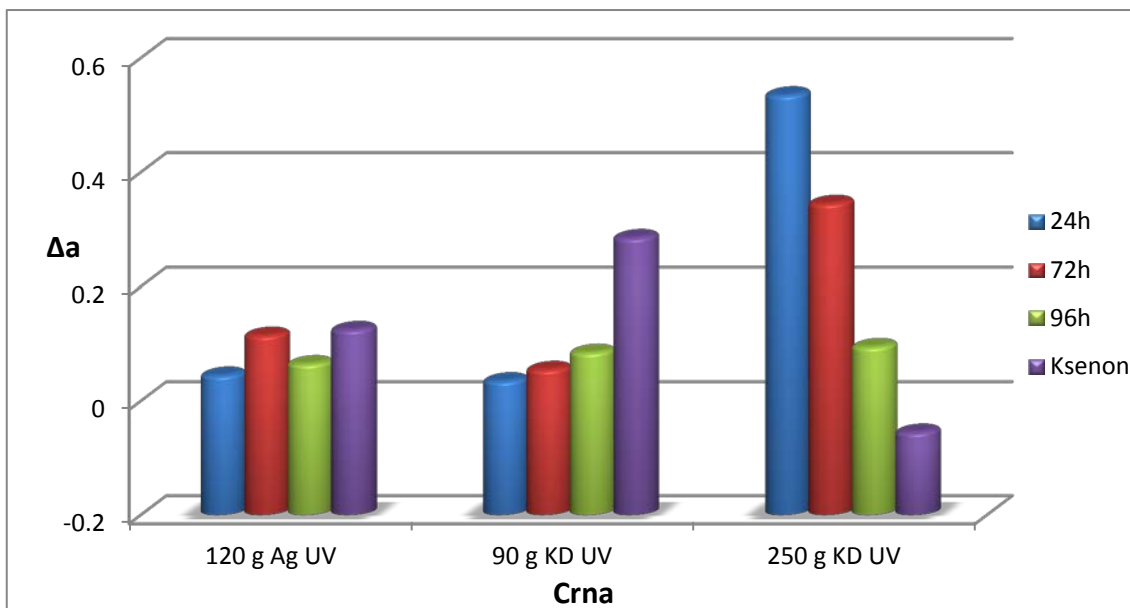


Slika 27. Promjene tona ( $\Delta b^*$ ) konvencionalne žute boje nakon starenja povišenom temperaturom od  $60^\circ\text{C}$  u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom

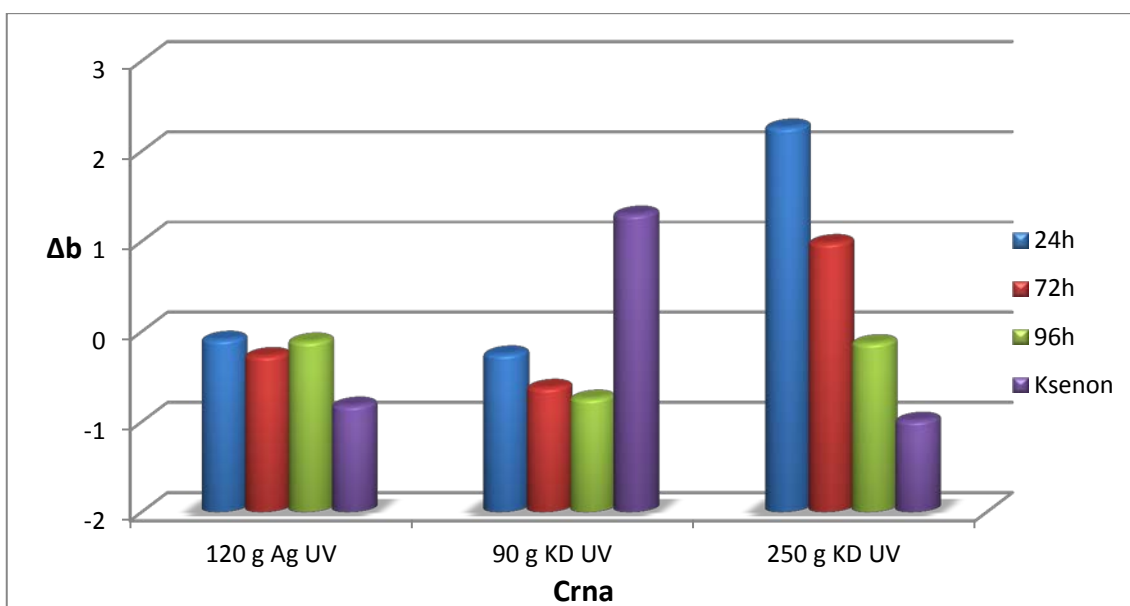
Na slikama 28-33 prikazane su promjene kolorimetrijskih vrijednosti ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  i  $\Delta b^*$ ) za crnu boju na sve tri podloge otisnute sa UV i konvencionalnom bojom nakon tretmana ubrzanog starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati te nakon tretmana ubrzanog starenja djelovanjem ksenon svjetlom.



Slika 28. Promjene svjetlina ( $\Delta L^*$ ) UV crne boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom

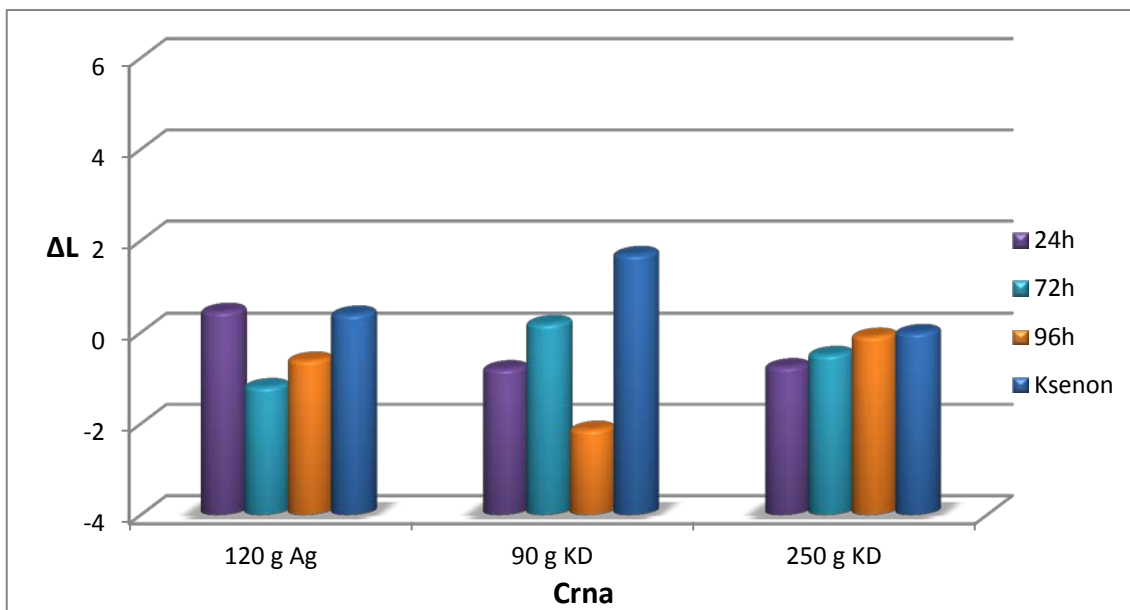


Slika 29. Promjene tona ( $\Delta a^*$ ) UV crne boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom

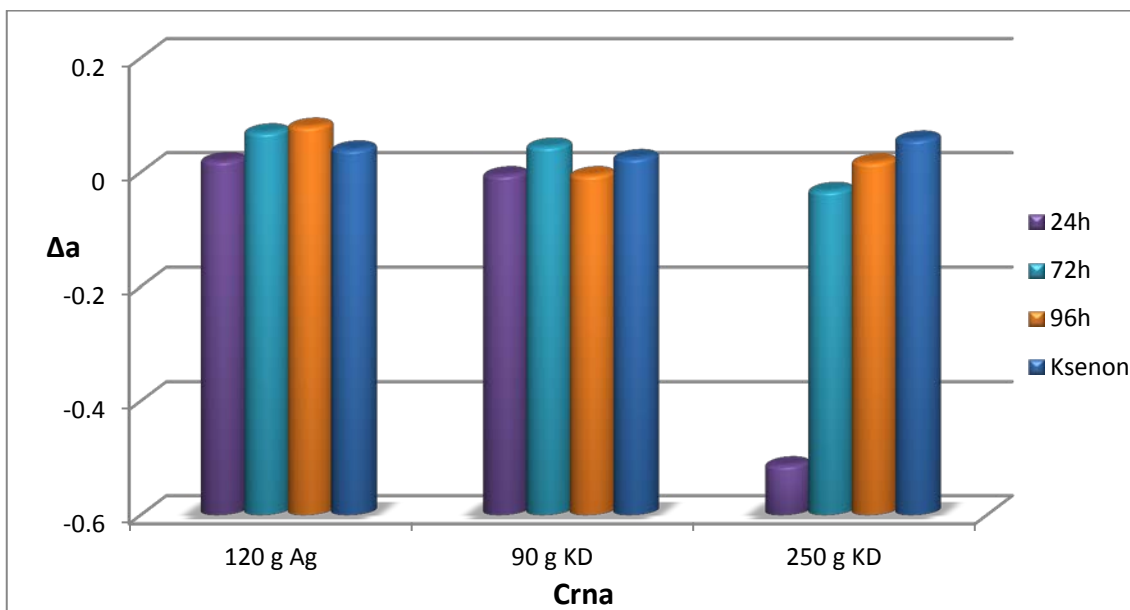


Slika 30. Promjene tona ( $\Delta b^*$ ) UV crne boje nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom

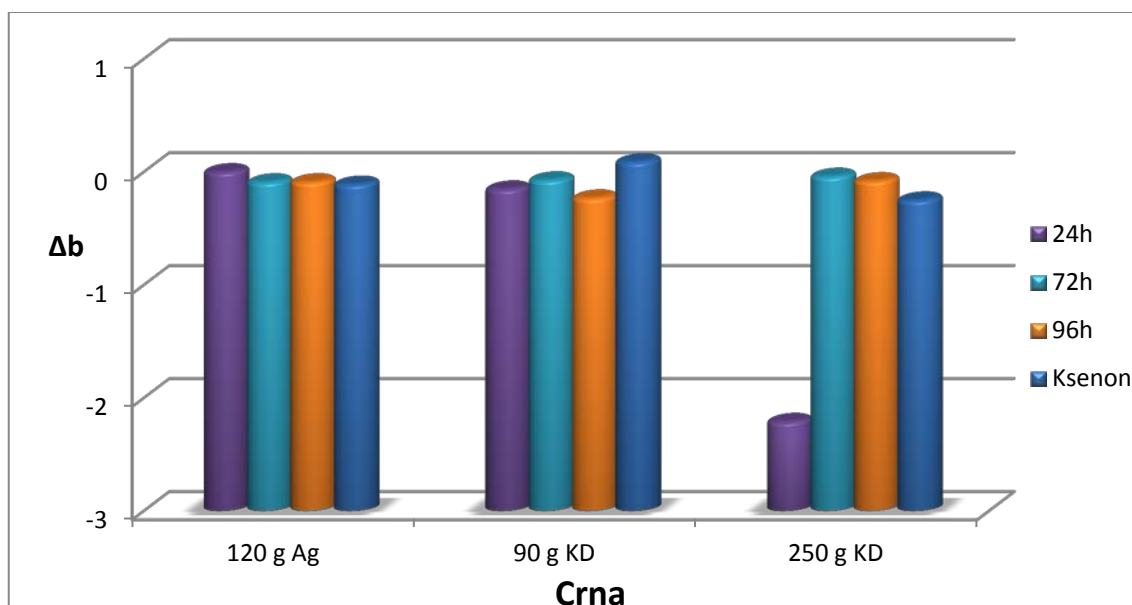




Slika 31. Promjene svjetlina ( $\Delta L^*$ ) konvencionalne crne boje nakon starenja povišenom temperaturom od  $60^\circ\text{C}$  u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



Slika 32. Promjene tona ( $\Delta a^*$ ) konvencionalne crne boje nakon starenja povišenom temperaturom od  $60^\circ\text{C}$  u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom



Slika 33. Promjene tona ( $\Delta b^*$ ) konvencionalne crne boje nakon starenja povišenom temperaturom od  $60^\circ\text{C}$  u trajanju od 24, 72 i 96 sati i ksenon svjetlom

U tablicama od 13-18 prikazane su Euklidske razlike ( $\Delta E$ ) poslije tretmana ubrzanog starenja djelovanjem povišene temperature od  $60^\circ\text{C}$  nakon 24, 72 i 96 sati te nakon ubrzanog starenja djelovanjem ksenonskog svjetla na sve tri podloge otisnute konvencionalnim i UV bojama.

Tablica 13. Euklidske razlike na nepremazanom papiru otisnutom UV bojom

120g Agripina UV boja				
$\Delta E_{00}$	Starenje povišenom temperaturom na $60^\circ\text{C}$			Starenje ksenon svjetlom (24h)
	24h	72h	96h	
C	0.70	0.23	0.34	0.64
M	1.50	0.45	0.54	1.20
Y	0.44	0.26	0.03	0.82
K	0.35	0.25	0.69	0.81

Tablica 14. Euklidske razlike na nepremazanom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom

120g Agripina konvencionalna boja				
$\Delta E_{00}$	Starenje povišenom temperaturom na 60°C			Starenje ksenon svjetlom (24h)
	24h	72h	96h	
C	0.78	1.08	1.15	0.72
M	0.41	0.59	0.65	0.83
Y	0.36	0.30	0.69	0.96
K	0.38	1.00	0.53	0.35

Tablica 15. Euklidske razlike na 90 g premazanom papiru otisnutom UV bojom

90g KD UV boja				
$\Delta E_{00}$	Starenje povišenom temperaturom na 60°C			Starenje ksenon svjetlom (24h)
	24h	72h	96h	
C	1.90	0.74	1.23	<b>3.84</b>
M	0.06	0.32	0.83	1.11
Y	0.45	0.76	0.85	1.94
K	0.30	2.30	2.02	1.41

Tablica 16. Euklidske razlike na 90 g premazanom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom

90g KD konvencionalna boja				
$\Delta E_{00}$	Starenje povišenom temperaturom na 60°C			Starenje ksenon svjetlom (24h)
	24h	72h	96h	
C	0.67	0.77	1.10	1.91
M	0.87	0.25	0.73	1.70
Y	0.24	0.35	0.31	1.45
K	0.59	0.17	1.55	1.20

Tablica 17. Euklidske razlike na 250 g premazanom papiru otisnutom UV bojom

250g KD UV boja				
	Starenje povišenom temperaturom na 60°C			Starenje ksenon svjetlom (24h)
$\Delta E_{00}$	24h	72h	96h	
C	1.49	3.09	0.89	0.76
M	1.58	0.68	0.25	0.90
Y	0.53	0.12	0.10	1.50
K	2.43	4.56	0.66	0.92

Tablica 18. Euklidske razlike na 250 g premazanom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom

250g KD konvencionalna boja				
	Starenje povišenom temperaturom na 60°C			Starenje ksenon svjetlom (24h)
$\Delta E_{00}$	24h	72h	96h	
C	1.86	0.87	0.96	1.69
M	1.71	0.60	0.37	0.81
Y	0.95	0.40	0.10	1.20
K	2.23	0.35	0.10	0.26

Tablica 19. Prikaz rezultata vizualne analize provedene na 50 ispitanika

50 ispitanika	Starenje povišenom temperaturom na 60°C			Starenje ksenon svjetlom (24h)
	24h	72h	96h	
120g Agripina UV	-	-	- /+	+
90g KD UV	-	-	-/+	+
250g KD UV	-	-	+	+
120g Agripina	-	-	-	+
90g KD	-	-	-/ +	+
250g KD	-	-	-/+	+
Prosjek	-	-	-/+	+

## 5. RASPRAVA

Na *slikama 10-12* prikazani su rezultati kolorimetrijskih vrijednosti za boju cijan na sve tri vrste podloga otisnutih sa UV bojom i konvencionalnom bojom nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i tretmana starenja ksenon svjetlom.

Promatrajući rezultate može se doći do zaključka da je u svjetlini ( $L^*$ ) došlo do najvećih promjena na 90 g premazanom papiru otisnutom UV bojom nakon starenja ksenon svjetlom ( $\Delta L^* = -3,78$ ) gdje je se svjetlina povećala te na 250g premazanom papiru tiskanom UV bojom nakon starenja od 72 sata ( $\Delta L^* = -3,29$ ) gdje se svjetlina također povećala.

Kod kolorimetrijske vrijednosti  $a^*$  najveće promjene dobivene su na 250 g premazanom papiru otisnutom UV bojom nakon 24 sata ( $\Delta a^* = -2,64$ ) gdje se smanjio udio zelenog obojenja, te na 90 g i 250 g premazanom papiru otisnutim konvencionalnom tiskarskom bojom nakon starenja ksenon svjetlom ( $\Delta a^* = 3,18$ ) i nakon 24 sata ( $\Delta a^* = 3,06$ ) gdje se povećao intenzitet zelenog obojenja.

Najveće promjene u vrijednosti  $b^*$  uočene su na 250 g premazanom papiru otisnutom UV bojom nakon starenja od 72 sata ( $\Delta b^* = -3,22$ ), na 90 g premazanom papiru otisnutom UV bojom nakon tretmana starenja ksenon svjetlom ( $\Delta b^* = -4,55$ ) te na 250 g premazanom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom nakon tretmana starenja ksenon svjetlom ( $\Delta b^* = -3,05$ ). U sva tri slučaja smanjio se intenzitet plavog obojenja.

Na *slikama 13-15* prikazani su rezultati kolorimetrijskih vrijednosti za boju magenta na sve tri vrste podloga otisnutih s UV i konvencionalnom bojom nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i tretmana starenja ksenon svjetlom.

Primjećuje se da je u svjetlini do najvećih promjena došlo na 120 g nepremazanom papiru otisnutom UV bojom nakon 24 sata ( $\Delta L^* = 1,3$ ) gdje je smanjena svjetlina te nakon starenja ksenon svjetlom ( $\Delta L^* = -1,04$ ) gdje se svjetlina povećala. Na 250 g premazanom papiru otisnutom UV bojom se

svjetlina nakon 24 sata ( $\Delta L^* = 1,32$ ) smanjila te se na istom papiru otisnutom konvencionalnom bojom povećala ( $\Delta L^* = -1,69$ ).

Kod kolorimetrijske vrijednosti  $a^*$  najznačajnije promjene dobivene su na 120 g nepremazanom papiru otisnutom UV bojom nakon 24 sata ( $\Delta a^* = -2,04$ ) gdje se povećao udio crvenog obojenja te nakon starenja ksenon svjetlom ( $\Delta a^* = -2,15$ ) gdje se intenzitet crvenog obojenja smanjio. Također, veće promjene primijećene su nakon starenja ksenon svjetlom na 250 g premazanom papiru otisnutom UV bojom ( $\Delta a^* = 2,95$ ) i na 250 g premazanom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom ( $\Delta a^* = 2,34$ ) gdje je u oba slučaja došlo do smanjenja intenziteta crvenog obojenja.

Kod vrijednosti  $b^*$  veće promjene dobivene su nakon starenja od 24 sata na 250 g premazanom papiru otisnutom UV bojom ( $\Delta b^* = -2,38$ ) te na 90 g premazanom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom nakon starenja ksenon svjetlom ( $\Delta b^* = -3,82$ ) pri čemu je na oba papira smanjen udio plavog obojenja.

Na *slikama 16-18* prikazani su rezultati kolorimetrijskih vrijednosti za žutu boju na sve tri vrste podloga otisnutih sa UV bojom i konvencionalnom bojom nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i tretmana starenja ksenon svjetlom.

Veće promjene u svjetlini dobivene su nakon starenja ksenon svjetlom na svim podlogama osim na 250 g premazanom papiru otisnutom UV bojom gdje je promjena neznatna ( $\Delta L^* = -0,37$ ). Nakon starenja ksenon svjetlom svjetlina se na svim podlogama povećala.

Kod kolorimetrijske vrijednosti  $a^*$  do najveće promjene došlo je na 90 g premazanom papiru otisnutom UV bojom nakon tretmana ksenon svjetlom ( $\Delta a^* = -2,31$ ) gdje se smanjio intenzitet zelenog obojenja.

Kod vrijednosti  $b^*$  primijećene su velike promjene nakon tretmana ksenon svjetlom na 90 g premazanom papiru otisnutim UV bojom ( $\Delta a^* = -5,37$ ) gdje je povećan intenzitet žutog obojenja, na 250 g premazanom papiru otisnutim UV bojom ( $\Delta a^* = 7,32$ ) gdje je smanjen udio žutog obojenja te na 250 g

premazanom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom ( $\Delta a^* = 5,69$ ) pri čemu je također smanjen intenzitet žutog obojenja.

Na *slikama 19-21* prikazani su rezultati kolorimetrijskih vrijednosti za crnu boju na sve tri vrste podloga otisnutih sa UV bojom i konvencionalnom bojom nakon starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 24, 72 i 96 sati i tretmana starenja ksenon svjetlom.

Velike promjene primijećene su u svjetlini na 250 g premazanom papiru otisnutom UV bojom nakon starenja od 72 sata ( $\Delta L^* = 6,50$ ) gdje je svjetlina smanjena, te na 90 g premazanom papiru otisnutom UV bojom nakon 72 sata ( $\Delta L^* = -3,08$ ) gdje je svjetlina povećana i na 90 g premazanom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom nakon starenja od 96 sati ( $\Delta L^* = -2,12$ ) gdje je svjetlina također povećana.

Kod kolorimetrijske vrijednosti  $a^*$  došlo je do neznatnih promjena na svim podlogama, najveća od njih je na 250 g premazanom papiru otisnutom UV bojom nakon 24 sata ( $\Delta a^* = 0,53$ ) gdje je došlo do smanjenja crvenog obojenja. Do većih promjena došlo je kod vrijednosti  $b^*$  gdje se na 250 g premazanom papiru otisnutom UV bojom smanjio udio žutog obojenja nakon 24 sata ( $\Delta b^* = 2,26$ ) te na istom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom gdje se udio žutog obojenja povećao ( $\Delta b^* = -2,21$ ).

Euklidska razlika obojenja vrlo je mala na većini tiskovnih podloga nakon provođenja tretmana ubrzanog starenja.

Vrlo mala odstupanja koja su još uvijek optimalna pojavljuju se kod magente na nepremazanom papiru otisnutom UV bojom nakon starenja od 24 sata ( $\Delta E_{00} = 1,50$ ) i nakon tretmana starenja ksenon svjetlom ( $\Delta E_{00} = 1,19$ ). Također, na nepremazanom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom kod boje cian nakon starenja od 72 sata ( $\Delta E_{00} = 1,07$ ) i starenja od 96 sati ( $\Delta E_{00} = 1,15$ ), te kod crne boje nakon 72 sata ( $\Delta E_{00} = 1$ ).

Mala odstupanja javljaju se i na 90 g premazanom papiru otisnutom UV bojom kod ciana nakon starenja od 24 sata ( $\Delta E_{00} = 1,90$ ) i 96 sati ( $\Delta E_{00} = 1,23$ ) i nakon starenja ksenon svjetlom kod magente ( $\Delta E_{00} = 1,11$ ), žute ( $\Delta E_{00} = 1,94$ ) i crne



boje ( $\Delta E_{00}=1,40$ ). Na istom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom mala odstupanja primijećena su kod cian boje nakon starenja od 96 sati ( $\Delta E_{00}=1,10$ ) i tretmana ksenon svjetlom ( $\Delta E_{00}=1,19$ ).

Kod 250 g premazanog papira otisnutog UV bojom mala odstupanja postoje kod boje cian nakon starenja od 24 sata ( $\Delta E_{00}=1,48$ ), kod magente nakon starenja od 24 sata ( $\Delta E_{00}=1,58$ ) i žute boje nakon tretmana ksenon svjetlom ( $\Delta E_{00}=1,49$ ). Na istom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom mala odstupanja postoje kod boje cian nakon starenja od 24 sata ( $\Delta E_{00}=1,85$ ) i tretmana ksenon svjetlom ( $\Delta E_{00}=1,69$ ), kod magente nakon starenja od 24 sata ( $\Delta E_{00}=1,70$ ) i žute boje nakon tretmana ksenon svjetlom ( $\Delta E_{00}=1,20$ ).

Veća odstupanja pojavljuju se na 90 g premazanom papiru otisnutom UV bojom kod boje cian nakon tretmana ubrzanog starenja ksenon svjetlom ( $\Delta E_{00}=3,83$ ), na 250 g premazanom papiru otisnutom UV bojom kod boje cian nakon starenja od 72 sata ( $\Delta E_{00}=3,08$ ), kod crne nakon starenja od 24sata ( $\Delta E_{00}=2,43$ ) i 72 sata ( $\Delta E_{00}=4,55$ ) te na 250 g premazanom papiru otisnutom konvencionalnom tiskarskom bojom kod crne boje nakon starenja od 24 sata ( $\Delta E_{00}=2,22$ ).

U tablici 19. Iz prikazanih rezultata vizualne analize uzoraka vidljivo je kako su na svim podlogama nakon ubrzanog starenja s ksenon svjetlom vidljive najveće promjene, dok su nakon ubrzanog starenja povišenom temperaturom od 60°C u trajanju od 96 sati vidljive male razlike u obojenju.

## 6. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog istraživanja zaključeno je sljedeće:

- Cijan boja najveća odstupanja u kolorimetrijskim vrijednostim ( $L^*$  i  $b^*$ ) ima nakon tretmana ubrzanog starenja s ksenon svjetlom na premazanom papiru od 90 g otisnutom s UV bojom te nakon ubrzanog starenja od 72 sata s povišenom temperaturom od  $60^{\circ}\text{C}$  na premazanom papiru od 250 g s UV bojom.
- Magenta boja najveće promjene u kolorimetrijskim vrijednostima ( $a^*$  i  $b^*$ ) ima nakon tretmana ubrzanog starenja s ksenon svjetlom na svim tiskovnim podlogama.
- Žuta boja najveća odstupanja u kolorimetrijskim vrijednostima ( $a^*$  i  $b^*$ ) ima nakon tretmana ubrzanog starenja s ksenon svjetlom na premazanim papirima od 90 g i 250 g otisnutih s UV bojom, te na premazanom papiru od 250 g otisnutom s konvencionalnom tiskarskom bojom.
- Crna boja najveće promjene u kolorimetrijskim vrijednostima ( $L^*$  i  $b^*$ ) ima nakon ubrzanog starenja s povišenom temperaturom od  $60^{\circ}\text{C}$  u periodu od 72 sata na premazanim papirima od 90g i 250 g otisnutim s UV bojom te nakon 24 sata na premazanim papirima od 250 g otisnutim sa UV i konvencionalnom tiskarskom bojom.
- Euklidska razlika obojenja pokazuje najveća odstupanja kod UV cijan boje na premazanom papiru od 90 g nakon ubrzanog starenja s ksenon svjetlom te nakon ubrzanog starenja od 72 sata s povišenom temperaturom od  $60^{\circ}\text{C}$  na premazanom papiru od 250 g. Kod UV crne boje uočene su najveće promjene nakon tretmana ubrzanog starenja povišenom temperaturom od  $60^{\circ}\text{C}$  u periodu od 24 i 72 sata na premazanom papiru od 250g

Nakon ovog istraživanja zaključuje se kako se svaka boja drugačije ponaša na različitim podlogama u istim uvjetima. Kako bi se osigurala stabilna kvaliteta otiska na grafičkom proizvodu, potrebno je poznavati „ponašanje“ boja na raznim tiskovnim podlogama u tisku te u skladu sa proizvodom unaprijed odabrati tiskovnu podlogu i tiskovnu boju koji su najmanje podložni promjenama uzrokovanim od vanjske okoline. Ukoliko su „osjetljive kombinacije“ neizbježne, potrebno je dodatno zaštititi proizvod.

## 7. LITERATURA

- [1.] Ming Ronnier, L., (2006), Applying colour science in colour design, ScienceDirect
- [2.] Zjakić, I., (2007), Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Hrvatska Sveučilišna naklada, Zagreb
- [3.] Bann, D.,(2006), *The All New Print Production Handbook*, Watson-Guptill Publications, New York
- [4.] Kiphan, H., (2001), *HandBook of Print Media*, Berlin, Springer
- [5.] [http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB\\_visoki\\_offset.pdf](http://materijali.grf.unizg.hr/media/TB_visoki_offset.pdf)
- [6.] Brody, A. L., Marsh, K. S., (1997.), *The Wiley Encyclopedia of packaging technology*, 2ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto
- [7.] Stowe, R. W., (2004), UV as the Energy Source for Industrial Processing of Coating, Inks, and adhesives, TAGA Conference Proceeding, pp. 89-104
- [8.] Leach, R.H., Pierce, R.J., (1993), *The Printing Ink Manual*, 5th edition, Springer
- [9.] Don Duncan P., (1998) Printing with Energy-Curable Inks-High Energy Chemistry, High Energy Business, TAGA Journal
- [10.] Bates, I., Mileti, M., Zjaki, I., (2009), Research on the Mechanical and Chemical Resistance of Prints”, DAAAM International Scientific Book 2009, Katalini, B. (ur.), Vienna, DAAAM International, pp. 561-572
- [11.] Bates, I. (2013.), Studija specifičnih parametra reprodukcije fleksografskog tiska, Doktorski rad, Zagreb
- [12.] DFTA and prof. Meyer, K.-H., (2000), *Flexo Printing Technology*, 4th edition,, St. Gallen
- [13.] *UV Technology, A practical Guide for all Printing Process*, (2007), Berufsgenossenschaft Druck und Papierverarbeitung, Wiesbaden, Germany
- [14.] \*\*\*<http://www.printera.hr/novo-lice-tiska/>, 15.7.2017.
- [15.] \*\*\*<http://www.printera.hr/digitalni-vs-offset-tisak/>, 15.07.2017.

- [16.] Karlovits, M. & Gregor-Svetec, D. (2012). Durability of Cellulose and Synthetic Papers Exposed to Various Methods of Accelerated Ageing, Acta Polytechnica Hungarica, Vol.9, No.6., (81-100), ISSN 1785-8860
- [17.] Neimo, L. (1999). Papermaking Chemistry, Published by Fapet Oy, ISBN 952-5216-04-7, Helsinki, Finland
- [18.] \*\*\*<http://www.ingede.de/ingindx/policy.html>
- [19.] \*\*\*[https://bib.irb.hr/datoteka/717298.Buhin\\_Josip\\_Rujan\\_2014.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/717298.Buhin_Josip_Rujan_2014.pdf), 15.07.2017.
- [20.] Majnarić, I., (2004), Kvaliteta digitalnih otisaka uvjetovana starenjem tiskovne podloge, magistarski rad, Grafički fakultet, Zagreb
- [21.] Valdec, D., Ivančić, S., Vusić, D., (2009), Kalibracija i karakterizacija reprodukcijskog procesa tiska na temelju ISO specifikacija, Veleučilište u Varaždinu, Varaždin
- [22.] M. R. Luo, G. Cui and B. Rigg, *The Development of the CIE 2000 Colour Difference Formula: CIEDE2000*, UK, Colour & Imaging Institute, University of Derby
- [23.] International Association of the Deinking Industry (INGEDE), (2009), Assessment of Print Product Recyclability- Deinkability Test, Method 11p, 74321 Bietigheim- Bissingen, Germany
- [24.] Mihić, J., Radić Seleš V., Vuksanović A. (2014.), Analiza kemijske otpornosti otisaka za prehrambenu i duhansku ambalažu, Zagreb
- [25.] \*\*\*[http://www.xrite.com/product\\_overview.aspx?ID=764](http://www.xrite.com/product_overview.aspx?ID=764), 19.07.2017.