



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN



**RAZVOJ MODELA PRAĆENJA
PROCESNIH PARAMETARA
ŠTAMPE TEKSTILNIH MATERIJALA**

- doktorska disertacija -

Kandidat:
Mr Nemanja Kašiković

Mentor:
Prof. dr Dragoljub Novaković

Novi Sad, 2012.

Želeo bih pre svega da iskažem veliku zahvalnost mentoru rada Profesoru dr Dragoljubu Novakoviću, koji je korisnim sugestijama, usmeravanjem i nesebičnom podrškom u velikoj meri uticao na ovaj rad.

Takođe bih hteo da se zahvalim ljudima koji su mi pomogli u eksperimentalnom delu, te tako želim da pomenem dr Igora Karlovića (Fakultet tehničkih nauka, Grafičko inženjerstvo i dizajn), dr Maju Klančnik (Fakultet prirodnih znanosti, Ljubljana), Gordanu Popović (Profi Lab, Zemun), Nikolu Skendžića (Štamparija DES, Novi Sad) i Miloša Bokorova (Prirodno-matematički fakultet, Odsek za elektronsku mikroskopiju).

Zahvalnost dugujem i kolegama i porodici od kojih sam dobijao podršku i korisne savete, koji su u velikoj meri olakšali izradu ove disertacije.

*Posebno želim da se zahvalim supruzi i ćerki od kojih sam uvek imao podršku da istra-
jem, te je ova disertacija njima posvećena.*

Istraživanja realizovana u okviru disertacije su potpomognuta sredstvima Ministarstva prosvete i nauke republike Srbije u okviru projekta tehnološkog razvoja broj 35027, "Razvoj softverskog modela za unapređenje znanja i proizvodnje u grafičkoj industriji"



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:			
Идентификациони број, ИБР:			
Тип документације, ТД:	Монографска публикација		
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал		
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација		
Аутор, АУ:	Мр Немања Кашиковић		
Ментор, МН:	Проф. Др Драгољуб Новаковић		
Наслов рада, НР:	Развој модела праћења процесних параметара штампе текстилних материјала		
Језик публикације, ЈП:	Српски		
Језик извода, ЈИ:	Српски		
Земља публикавања, ЗП:	Република Србија		
Уже географско подручје, УГП:	АП Војводина		
Година, ГО:	2012		
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт		
Место и адреса, МА:	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6		
Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	11/164/211/60/30/68/3		
Научна област, НО:	Графичко инжењерство и дизајн		
Научна дисциплина, НД:	Графичко инжењерство и дизајн		
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Дигитална штампа на текстилу, текстилни материјали, нанос боје, излагање светлости, прању, топлотном оптерећењу, трљању		
УДК			
Чува се, ЧУ:	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6		
Важна напомена, ВН:			
Извод, ИЗ:	У дисертацији је приказан поступак развоја модела праћења процесних параметара штампе текстилних материјала који за резултат има квалитетну и постојану штампу са управљивим и предвидивим процесом. У раду су дате основе праћења процесних параметара штампе текстилних материјала. Пратио се утицај повећања броја наноса боје на различитим текстилним материјалима, и њихов утицај на отпорност одштампаних узорака на светлост, прање, топлотно дејство и трљање што је основа развоја модела дисертације.		
Датум прихватања теме, ДП:			
Датум одбране, ДО:			
Чланови комисије, КО:	Председник:	Др Катарина Герић, редовни професор	
	Члан:	Др Мирослав Гојо, редовни професор	
	Члан:	Др Слободан Недељковић, редовни професор	Потпис ментора
	Члан:	Др Бранко Милосављевић, ванредни професор	
	Члан, ментор:	Др Драгољуб Новаковић, редовни професор	



UNIVERSITY OF NOVI SAD • FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES
21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovića 6

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monograph
Type of record, TR :	Printed text document
Contents code, CC :	Ph. D. thesis
Author, AU :	MSc Nemanja Kašiković
Mentor, MN :	Dragoljub Novaković, Ph. D.
Title, TI :	
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	AP Vojvodina
Publication year, PY :	2012
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	11/164/211/60/30/68/3
Scientific field, SF :	Graphic engineering and design
Scientific discipline, SD :	Graphic engineering and design
Subject/Key words, S/KW :	Digital printing of textiles, textiles, ink layers, exposing to light, washing, thermal load, rubbing
UC	
Holding data, HD :	21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Note, N :	
Abstract, AB :	The dissertation presents development of the process parameters monitoring model for textile printing which provides high-quality and consistent printing with controllable and predictable process parameters. The thesis provides the basis for monitoring of textile printing process parameters such as influence of number of ink layers printed on light fastness, washing fastness, scrubbing and thermal treatment various textile materials.
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: Katarina Gerić, Ph.D., full professor
	Member: Miroslav Gojo, Ph.D., full professor
	Member: Slobodan Nedeljković, Ph.D., full professor
	Member: Branko Milosavljević, Ph.D., associate professor
	Member, Mentor: Dragoljub Novaković, Ph.D., full professor
	Mentor's sign

SADRŽAJ

UVOD	10
1.0. CILJ I HIPOTEZA DISERTACIJE	10
1.1. Način rešavanja problema	12
TEORIJSKI PRILAZI U PREDMETNOJ OBLASTI ISTRAŽIVANJA	15
2.0. DOSTIGNUĆA U RAZVOJU TEHNIKA OTISKA	15
2.1. Tehnika sito štampe na tekstilu.....	15
2.2. Tehnika digitalne ink jet štampe na tekstilu	17
3.0. DOSTIGNUĆA U RAZVOJU MATERIJALA	19
3.1. Dostignuća u razvoju tekstilnih materijala	19
3.2. Dostignuća u razvoju boja	20
4.0. OSNOVNI PARAMATERI OTISKA.....	22
4.1. Jačina boje.....	22
4.2. Razlika boje	22
4.3. Spektralne krive.....	23
5.0. IZLAGANJE ODŠTAMPANIH UZORAKA NA TEKSTILU SPOLJNIM UTICAJIMA	25
5.1. Izlaganje odštampanih uzoraka uticaju svetlosti	25
5.2. Izlaganje odštampanih uzoraka uticaju pranja.....	26
5.3. Izlaganje odštampanih uzoraka toplotnom uticaju	27
5.4. Izlaganje odštampanih uzoraka uticaju trljanja.....	28
6.0. PREGLED AKTUELNIH ISTRAŽIVANJA PREDMETNE OBLASTI	29
EKSPERIMENTALNI DEO	39
7.0. UREĐAJI, METODE I MATERIJALI	40
7.1. Karakteristike uređaja za štampanje otisaka.....	40
7.2. Karakteristike komore za sušenje otisaka	42
7.3. Karakteristike podloga korišćenih za štampu	43
7.4. Karakteristike boja korišćenih za štampu.....	44
7.5. Metoda izrade otiska	45
7.6. Metoda uzorkovanja i merenja.....	45
7.7. Uređaj za merenje spektrofotometrijskih vrednosti	46
7.8. Uređaj za merenje hromatskih vrednosti	47
7.9. Uređaj za merenje spektrofotometrijskih vrednosti	48
7.10. Uređaj za simuliranje uticaja svetlosti i simuliranih vremenskih uslova na materijal.....	49
7.11. Uređaj za simuliranje procesa pranja.....	49
7.12. Uređaj za toplotno dejstvo na odštampanu podlogu	50

7.13. Uređaj za termovizijsku analizu toplotnog dejstva	51
7.14. Uređaj za mikroskopsku analizu uzoraka.....	52
8.0. REZULTATI MERENJA	54
8.1. Rezultati merenja spektrofotometrijskih vrednosti uzoraka.....	54
8.1.1. Merenje K/S vrednosti.....	54
8.1.2. Određivanje koordinata boja odštampanih uzoraka i vrednosti za ΔE	61
8.1.3. Određivanje spektralnih krivih za odštampane uzorke.....	70
8.1.4. SEM analiza uzoraka pre i nakon procesa štampe.....	76
8.2. Rezultati merenja uzoraka nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima	78
8.2.1. Vizuelne ocene.....	78
8.2.2. Određivanje razlike boje između uzoraka pre i nakon izlaganja svetlosti	83
8.2.3. Određivanje spektralnih krivih za uzorke nakon izlaganja svetlosti	92
8.2.4. SEM analiza uzoraka nakon izlaganja svetlosti	95
8.3. Rezultati merenja uzoraka nakon procesa pranja	97
8.3.1. Vizuelne ocene.....	97
8.3.2. Određivanje razlike boje između uzoraka pre i posle izlaganja procesu pranja.....	105
8.3.3. Određivanje spektralnih krivih za uzorke nakon procesa pranja.....	114
8.3.4. SEM analiza uzoraka nakon procesa pranja.....	117
8.4. Rezultati merenja uzoraka nakon toplotnog uticaja	119
8.4.1. Vizuelne ocene.....	119
8.4.2. Određivanje razlike boje između uzoraka pre i posle toplotnog dejstva	124
8.4.3. Određivanje spektralnih krivih za uzorke nakon toplotnog dejstva.....	132
8.4.4. SEM analiza uzoraka nakon toplotnog dejstva.....	135
8.5. Rezultati merenja uzoraka nakon izlaganja uticaju trljanja.....	137
8.5.1. Vizuelne ocene.....	137
9.0. ZAKLJUČAK	146
10.0. LITERATURA	150
11.0. PRILOZI.....	164

KORIŠĆENE SKRAĆENICE, OZNAKE I SKRAĆENJA

CIE - Commission Internationale de l'Éclairage - Međunarodna komisija za osvetljenje

CIECAM - model za prikaz (osećaj) boje

CIELAB - prostor boja nezavistan od uređaja

CIELUV - prostor boja nezavistan od uređaja

CIEXYZ - prostor boja nezavistan od uređaja

CIELCH - prostor boja nezavistan od uređaja

CMC - Colour Measurement Committee - Komitet za merenje boja ujedno i sistem za evaluaciju razlike boja

CMYK - Cyan, Magenta, Yellow, Black - Cijan, Magenta, Žuta, Crna

ΔE - razlika boja

ΔE_{94} - razlika boja

ΔE_{2000} - razlika boja

$\Delta E(\text{CMC})$ - razlika boja

IR - Infra Crveno zračenje

ICC - International Color Consortium - Međunarodni konzorcijum za boju

ISO - International Organization for Standardization - Međunarodna organizacija za standardizaciju

JPEG - Joint Photographic Expert Group - format datoteka za prikazivanje fotografija

LW - talasi veće talasne dužine

PET - Polietilentereftalat (PET)

RGB - Red Green Blue - Crvena Zelena Plava - osnovne boje aditivne sinteze

SEM - skenirajući elektronski mikroskop

SRPS - srpski standardi

UV - Ultraviolet - Ultra ljubičasto zračenje

$W_{\lambda c}$ – spektralna emitansa zračenja crnog tela

c – brzina svetlosti

h – Plankova konstanta

k – Bolcmanova konstanta

T – apsolutna temperatura crnog tela

λ – talasna dužina

ϵ_{λ} - spektralna emisivnost

ε - konstanta emisivnosti

λ_a - ukupna apsorbtansa

λ_T - spektralna transmitansa

TE - totalna energija

R - reflektovana energija

T - transmitovana energija

E - emitovana energija

dpi - dot per inch - tačka po inču

YEOL – Yapanese Electrical Optical Laboratory

UVOD

1.0. CILJ I HIPOTEZA DISERTACIJE

Savremeno društvo svakodnevno postavlja nove zahteve pred proizvođače, nezavisno od toga koja oblast je u pitanju. Toga nije pošteđena ni grafička industrija gde se sve više zahteva brzina, personalizovanost, efektivnost i niža cena. Ovi zahtevi su doveli do razvoja novih tehnologija koje su do skora bile nezamislive. Stare tehnologije sve više i više idu u zaborav i njihov udeo na tržištu se smanjuje, dok novije tehnologije krupnim koracima osvajaju svet.

Tehnika digitalne štampe sve više je u funkciji potrošača. Pomoću nje se može štampati na velikom broju materijala, kako na različitim vrstama papirnih materijala tako i na PVC auto folijama, cirađama, tekstilnim materijalima itd.

Dominantna tehnika štampe na tekstilu je sito štampa, ali su nove tehnologije omogućile širu upotrebu digitalne štampe na tekstilu. Sito štampa je u ovom području i dalje više zastupljena, ali digitalna štampa se sve više probija na tržište, prvenstveno zbog svojih osnovnih prednosti u odnosu na sito štampu. Te prednosti su brža, raznovrsnija priprema i štampa novih poslova, kao i mogućnost štampe sa velikim brojem boja, dobar kontrast i oštre linije na otisku, specijalni digitalni efekti i mogućnost štampanja velikih formata. Digitalnom štampom na tekstilu omogućena je strategija „tačno na vreme“ tj. tačan broj primeraka za kupca, eliminisani su gubici i nepotrebna ulaganja.

Tehnologija digitalne štampe koja se primenjuje na tekstilu je Ink Jet tehnika. Sistemi koji se koriste imaju svoje specifičnosti, ali je princip rada isti, bez obzira koji grafički sistem je u pitanju.

Nedostatak ovih sistema je brzina jer najbrže mašine digitalne štampe na tekstilu za sat vremena mogu da odštampaju koliko rotacione sito mašine za jedan minut. Faktor koji ograničava ovu brzinu je tehnologija ink jet štampe. Pretpostavlja se da se brzina ovih sistema neće puno povećavati dok se mehanički nešto ne promeni u načinu oslikavanja. Novine koje je doneo ovaj način štampanja dobro su primljene od strane, kako proizvođača, tako i potrošača, pa se danas ostvaruje godišnje povećanje od 1% učešća ove tehnike u štampi na tekstilu.

Uporedo sa razvojem grafičke išao je i razvoj tekstilne industrije, te je tako danas na tržištu prisutan veliki broj tekstilnih materijala. Svaki od tih materijala, ima svoje specifičnosti što može biti itekako uticajan faktor pri štampi jer od materijala može zavisiti sposobnost reprodukcije boja. Digitalna štampa se prilagodila i ovom zahtevu, pa se njom može štampati na velikom broju različitih materijala. Upravo zbog toga je neophodno dati poseban akcenat na tekstilne materijale koji se koriste u digitalnoj štampi na tekstilu i obratiti posebnu pažnju na svojstva svakog od njih. Generalno bi se moglo reći da su se razvojem novih vrsta tekstilnih materijala koji se razlikuju po svojim fizičkim i hemijskim karakteristikama dobile veće mogućnosti u procesu štampe.

Proizvod koji je dobijen digitalnom štampom na tekstilu uglavnom je u svakodnevnoj upotrebi izložen različitim uticajima nakon štampe.

Procesi izlaganja svetlosti, toplota, pranje ili trljanje, osim uticaja na strukturu materijala, utiču i na otisak. Interesantno je posmatrati koliko će njihovo delovanje uticati na otisak koji je dobijen štampom na tekstilnom materijalu, kao i na njegovu površinsku strukturu.

Kako bi se ove promene, mogle pratiti u ispitivanja je potrebno uvrstiti savremene metode merenja i sa njihovom primenom se mogu razviti modeli praćenja procesnih parametara štampe kod tekstilnih materijala.

Pregledom aktuelnih istraživanja iz stručnih i naučnih istraživanja potvrđuje se aktuelnost ove tematike. Chen i ostali (2004) tvrde da se korišćenjem digitalne štampe na tekstilu u najkraćem vremenu dobija pravi i zadovoljavajući kvalitet otiska što je u kombinaciji sa ostalim tehnikama dalo nove mogućnosti (Park i ostali, 2006). Sama tehnika može da se realizuje na velikom broju različitih materijala, te je i to jedan od razloga za konstantno probijanje na tržištu (Park i drugi, 2004). Yang i ostali (2000) pre više godina tvrdili su da je potrebno obratiti pažnju na samu površinu pre i posle štampe, pošto je površina tekstilnog materijala uticajni parametar za dobar otisak. Tekstilni materijali se drugačije ponašaju u procesu štampe, a jedan od elemenata na koji svojstvo tekstilnog materijala utiče je i opseg boja. Dzbrowa i Dziejewski (2009) smatraju da opseg boja štampanih materijala daje vrlo važne informacije o štampi jer širi opseg boja daje veće mogućnosti i samim tim štampu čini efektivnijom. U principu, jednom rečju opseg boje u štampi daje vrednost boje koja može da se dobije na otisku (Yang, 2003). Boja je rezultat interakcije između svetlosti, predmeta ili stvari i posmatrača (Nuša Kočevar, 2006). Svojstva materijala utiču na dobijeni opseg boje, što je i eksperimentalno dokazano u radu (Kašiković i ostali, 2010). Sem opsega boja, svojstva materijala će uticati i na parametre površinske hrapavosti, kao i na sposobnost upijanja boje u njegovu unutrašnju strukturu. Različiti materijali imaju različite parametre površinske hrapavosti, kako pre, tako i nakon štampe (Novaković i ostali, 2010). Takođe je potrebno istaći da se obradom sirovih vlakana tekstilnih materijala hrapavost površine smanjuje (Schubel i ostali, 2006, Vassiliadis i Provatidis, 2004). Nanos boje povećaće parametre površinske hrapavosti, nevezano za to da li je u pitanju digitalna (Naujokaitytė L., i Strazdienė E., 2007) ili sito štampa (Carr i ostali, 2002). Do toga dolazi jer deo boje ulazi između vlakana i na nekim mestima ih spaja, dok se deo boje zadržava na površini materijala odnosno vlakana, što uslovljava porast svih parametra površinske hrapavosti. (Novaković i ostali, 2010) je to i dokazao u radu sa SEM snimcima. U toku procesa eksploatacije odštampani tekstilni materijali izloženi su različitim uticajima, kao što su toplotno opterećenje, pranje, starenje itd. Svako dejstvo na površinu materijala dovešće do promene u opsegu boja, što se definiše kao razlika boje. Za određivanje razlike boje, koristi se više modela kao što su CMC(1 : c) (Clarke i ostali, 1984), BFD (1 : c) (Luo M. R. i Rigg B., 1987), CIE94 (CIE, 1995), LCD (Kim D. H. i Nobbs J. H., 1997) i najnoviji CIEΔE2000 (Luo M. R. i ostali, 2001). Samo određivanje razlike boje temelji se na određivanju razlika u koordinatama u prostoru boja (ΔL^* , Δa^* , Δb^*) (Nuša Kočevar, 2006). Suprostavljena su mišljenja, koji je sistem za određivanje razlike boje primereniji. Najveći broj istraživača smatra da je to CIEΔE2000 (Luo M.

R. i drugi, 2001, Xu i ostali, 2001, Gabrijelčić, Dimitrovski, 2007, Gabrijelčić, Dimitrovski, 2009), dok deo istraživača u analizi koriste CMC(2 : 1) sistem za određivanje razlike boje (Moussa i drugi, 2008). Po Wen-Guey K. (2010), sa druge strane najbolje je koristiti formulu CIE94 jer ona daje najbolje rezultate u određivanju razlike boje pod tri svetlosna izvora D65, A i OFF. Ipak, činjenica je da će bez obzira na sistem koji se koristi promena strukture tekstilnog materijala dovesti do razlike boje između dva otiska (Moussa i drugi, 2008). Važan faktor je sastav vlakana od kojih se sastoji tekstilni materijal, te njihovo ponašanje u svakodnevnoj upotrebi (Wei Q. F. i Wang X. Q., 2003). Opseg boje nije jedini parametar koji se menja u svakodnevnoj eksploataciji. Sem njega se menjaju i parametri površinske hrapavosti (Xin B. i drugi 2010, Novaković i drugi, 2010, Kašiković i drugi, 2010), te je značajno pratiti kakve promene u strukturi materijala, a samim tim i u opsegu boje će izazivati izlaganje odštampanih materijala različitim uticajima.

Istraživanje i karakterizacija površina i uticaj varijacije procesnih parametara ima višestruku ulogu. Pronalaženje određenih zavisnosti procesnih parametara i postignutih kolorimetrijskih i geometrijskih vrednosti izmerenih obojenih površina pomažu tačnijoj simulaciji i mogućnosti predviđanja procesa koji se dešavaju tokom proizvodnje. Pored veličina koje daju predviđanja ponašanja ovo omogućava unapređenje samog kvaliteta reprodukcije obojenih originala pošto se tačno definiše zavisnost primenjenije količine i konačnog rezultata. Vrednosti se mogu implementirati u različite sisteme za upravljanje bojom. Korišćenjem odgovarajućih metoda za modele osećaja boja se može uraditi i njihova kasnija realizacija kroz simulaciju optičkih efekata.

Veliki broj različitih parametara koji imaju uticaj na štampu tekstilnih materijala daje osnovu za postavku hipoteze rada:

Moguće je razviti model praćenja procesnih parametara štampe tekstilnih materijala koji će za rezultat imati kvalitetnu i postojanu štampu sa upravljivim i predvidivim procesom.

U dokazivanju hipoteze rada realizovaće se određen broj pojedinačnih ciljeva usmerenih na određivanje i kvantifikovanje uticaja različitih parametara kao i tehnoloških inoviranja koji se sastoje u istraživanju uticaja nanosa više slojeva boje pri štampi tekstilnih materijala. Ostvarenjem ovog cilja utvrdiće se koliko promena debljine nanosa boje utiče na otisak.

Jedan od ciljeva je usmeren i na parametre koji se vezane za karakteristike tekstilnih materijala. Ove karakteristike se vezuju za osobine tekstilnih materijala kao što su gustina pletenja i sirovinski sastav. Istraživanjem se mogu izdvojiti značajni i upravljivi parametri koji determinišu konačni način ponašanja odštampanog tekstilnog materijala u procesu eksploatacije.

1.1. Način rešavanja problema

Postavljena hipoteza i ciljevi će se rešavati kroz istraživanja koja će obuhvatiti detaljnu analizu postojećih i aktuelnih svetskih rezultata iz oblasti istraživanja. Biće analizirani aktuelni podaci i saznanja vezana za temu disertacije. U teorijskom

delu rada biće opisane i analizirane zakonitosti i parametri vezani za način proizvodnje tekstilnih materijala, njihovu strukturu i sastav, dobijanje otiska na njima, definisanje karakteristika otiska, praćenje procesnih parametara i promena koje ti procesi izazivaju na otisku, a imaju efekat na konačni vizuelni izgled krajnjeg proizvoda. Istraživanja podrazumevaju povezivanje sa dostignutim istraživačkim rezultatima što omogućava blagovremen i savremeni pristup rešenju problema. Ukratko se ističu neke od metoda koje će biti od značaja u realizaciji istraživanja.

Izbor podloga za štampu

Izbor podloga za štampu će se usmeriti na podloge sa ekstremnim spoljnim uticajima u eksploataciji. Primer takvih podloga su materijali za zastave koje karakteriše sirovinski sastav 100% poliester. Ovaj materijal u štampi zastava se koristi upravo zbog svoje čvrstoće i otpornosti na mehaničke uticaje. Kao parametri koji variraju pri odabiru podloga uzeće se površinska masa i gustina pletenja.

Analiza odštampanih uzoraka

Proces štampe će se realizovati pomoću digitalne štamparske mašine Mimaki JV 22, koja omogućava štampu u osam prolaza. Ta mogućnost će se iskoristiti za štampu test karte koja će se sastojati od četiri polja (prvo polje - 100 % cijan, drugo polje - 100 % magenta, treće polje - 100 % žuta, četvrto polje - 100 % crna), pa će se test karta štampati sa pet različitih nanosa boje. Bitno je napomenuti da će se u štampi koristiti odgovarajuće nano boje.

Za sve uzorke će se odraditi kvalitativna i kvantitativna analiza štampanih površina, analiza fizičkih i hemijskih parametara sredstava za štampu, kao i spektrofotometrijska merenja uzoraka.

Pored navedenih merenja, ispitaće se i mikroskopski analizirati kakve promene će izazivati sama boja u odnosu na strukturu materijala. Nakon izvođenja pojedinačnih rezultata uradiće se korelativna i statistička analiza svih rezultata u cilju definisanja i potvrđivanja instrumentalno dobijenih i izmerenih veličina.

Izlaganje odštampanih uzoraka uticajima svetlosti, pranja, toplote i trljanja

Procesni parametri, kojim će se delovati na tekstilne materijala, tj. uticajima svetlosti, toplote, pranja i trljanja, eksperimentalno će se pratiti u skladu sa propisanim standardima, da bi se uvidelo koliko će ta dejstva izmeniti samu strukturu materijala i otiska. Pored odgovarajućih vizuelnih ocena koje su predviđene standardima, u ispitivanja će se uključiti i spektrofotometrijska merenja koja će dati dodatne informacije o ponašanju uzoraka. Sve promene koje će se dešavati na uzorcima mikroskopski će se snimati.

Nakon eksperimentalne obrade uzoraka i statističke kvantifikacije značajnih veličina daće se analiza dobijenih rezultata kroz diskusiju i korelaciju sa važećim raspoloživim saznanjima iz svetskih istraživačkih centara.

Naučne metode koje će se koristiti su metode analize, sinteze, modelovanja, indukcije i dedukcije.

Realizovaće se eksperimenti sa strogom kontrolom svih varijabilnih faktora koji mogu da utiču na rezultate eksperimenta.

Radni okvir eksperimentalnog rada je definisan kroz detaljnu analizu drugih istraživanja i kroz njihovu sintezu se postavila adekvatna metodologija za praćenje procesnih parametara.

Procesni parametri će se izvoditi uz sve neophodne uslove za minimizaciju mernih grešaka da bi se dobijeni rezultati mogli što tačnije prikazati u određenim korelacijama. Sa rezultatima dobijenih korelacija će se potvrditi mogućnost primene hipoteze disertacije.

TEORIJSKI PRILAZI U PREDMETNOJ OBLASTI ISTRAŽIVANJA

U današnje vreme tehnologija štampe na tekstilu menja se brzo i intenzivno (Neral i ostali, 2007). To dovodi do promena i na tržištu, te je tako udeo tehnike sito štampe u štampi na tekstilu 2000. godine iznosio 90 % (Horrocks, 2000), ali se zbog pogodnosti koje nudi digitalna tehnika štampe, kao što su brzina, fleksibilnost, kreativnost i zaštita životne sredine (Choi i ostali, 2005, Masaru i ostali, 2010), smanjio.

Važno je istaći da je veliki napredak postignut u oblasti tekstilnih materijala. Svaki od materijala, ima svoje specifičnosti što može biti važan uticajan faktor pri štampi jer od materijala između ostalog zavisi i sposobnost reprodukcije boja. Parametri po kojima se tekstilni materijali razlikuju mogu biti površinska masa, sirovinski sastav, gustina tkanja... U principu, karakteristike materijala mogu da se poboljšaju promenom nekih osnovnih karakteristika (Chepelyuk i ostali, 2011).

U nastavku su dati osnovni teorijski prilazi za predmetnu oblast.

2.0. DOSTIGNUĆA U RAZVOJU TEHNIKA OTISKA

Štampanje na tekstilu se može definisati kao proces prenošenja boje na tekstilnu podlogu određenom tehnikom štampe čiji je rezultat otisak na tekstilnom materijalu. Proces dobijanja otiska na tekstilnom materijalu se može realizovati primenom sito ili digitalne tehnike štampe.

2.1. Tehnika sito štampe na tekstilu

Sito štampa je tehnika propusne štampe kod koje se otisak dobija tako što se boja potiskuje kroz delimično propustljivu mrežicu koja je zategnuta na ram. Štamarsku formu predstavlja šablon sastavljen iz mrežice koja propušta boju i mrežice prekrivene nepropusnom emulzijom čije površine predstavljaju neštampanje elemente. Pritiskom gumenog ili silikonskog rakela boja prolazi kroz propustljiva okna direktno na podlogu za štampu (Novaković i ostali, 2011).

Tehniku sito štampe odlikuje velika fleksibilnost u pogledu štampe na različitim vrstama i oblicima podloge korišćenjem različitih boja. Ova tehnika omogućava različite dekorativne i industrijske aplikacije koje su u drugim tehnikama neizvodljive. Za razmatranje mogućnosti i karakteristika ove tehnike potrebno je poznavati elemente sistema za sito štampu.

Mrežica ili sito u tehnici sito štampe ima dvostruku ulogu: predstavlja nosilac šablona štampanja i neštampanja elemenata kao i propustljivu membranu za prenos boje na otisak. Debljina niti od koje je satkana mreža zajedno sa pravilno izabranom emulzijom predstavlja dominantan faktor u određivanju debljine nanosa koji će se preneti na podlogu za štampu.

Mreže se najčešće proizvode od prirodne svile, plastičnih masa (najlon ili poliester) ili metala (bakar, čelik, mesing). Sam način i gustina tkanja niti imaju presudni značaj za kvalitet reprodukcije u sito štampi. Mreže su tkane u gustinama od 10 do 200 niti/cm, dok se najčešće koriste sita sa gustinom od 90 do 120 niti/cm. Za štampanje visokokvalitetnih ilustracija potrebno je koristiti najveće gustine tkanja gde je odnos niti po centimetru tri do četiri puta veći od linijature reprodukcije (linija/cm). Pored gustine tkanja, veliku ulogu u kvalitetu štampe imaju materijal od kojeg je napravljena mreža (Piao i ostali, 2008), način tkanja, debljina niti i razmak između mreže i podloge za štampu.

Danas se koriste mreže od najlona i poliestera zbog njihove ekonomičnosti i zadovoljavajućeg kvaliteta, ali tamo gde se zahteva velika preciznost i dobra dimenziona stabilnost koriste se metalna sita. Za osnovu, njihove niti imaju najlonska ili poliesterska vlakna koja su oslojena tankim slojem metala. Kombinovanjem ovih materijala, dobijaju se mreže sa odličnom otpornošću i stabilnošću prilikom zatezanja, postiže se najprecizniji registar u višebojnoj štampi i olakšava čišćenje i održavanje.

U poređenju sa digitalnom štampom, prednosti sito štampe bi se najviše ogledale u pogledu brzine štampe za veći broj otisaka, pošto rotacione sito mašine za par minuta odštampaju koliko i digitalne mašine za par sati, te bi se moralo istaći da ovu tehniku prvenstveno definiše jednostavnost i brzina (Krebs i ostali, 2009).

Nije zanemarljivo ni to što je jedinična cena po komadu niža ukoliko se radi o tiražima preko 20 komada (Novaković i ostali, 2010), a još jedna od specifičnosti ove tehnike štampe je da ona štampa sa većom količinom boje. Tako je potrebno pomoću tehnike digitalne štampe tri puta naneti boju na podlogu kako bi se dobili istovetni rezultati sa otiskom odštampanim jednim nanosom boje pomoću sito štampe (Kiatkamjornwong i ostali, 2006).

Takođe, štamparski sistemi koji rade na ovom principu imaju nižu cenu koštanja nego sistemi koji rade drugim tehnikama štampe (Lee i ostali, 2008). Problemi su nastajali pri ručnoj kontroli koja je dovođila do velikog utroška materijala, te su se razvile i savremene kontrole štampe u sistemima rotacione sito štampe. Cilj je bio da se poveća preciznost i smanje greške registra (Jing i ostali, 2010), kako bi se tako pokušao održati korak sa mogućnostima koje nudi digitalna tehnika štampe koju odlikuje preciznost registra. U principu, korišćenjem sito štampe može se izvršiti oplemenjivanje već nanetih otisaka lakiranjem (Krebs, 2009) ili primenom posebnih boja sa različitim efektima koje zahtevaju deblje nanose, a sve u cilju dobijanje boljih vizuelnih efekata (Shan i ostali, 2011).

Važno je istaći da i ovaj proces štampe ima određene nedostatke, pri čemu je jedan od najvećih da u toku njegovog odvijanja dolazi do deformacije sito mrežice. Ta deformacija se može predstaviti formulama i slikama datim u nastavku (Lee i ostali, 2008).

Na slici 2.1.1 a prikazana je deformacija sito mreže (ΔL), paralelna sa dejstvom rakela i ona bi mogla da se izrazi pomoću formule:

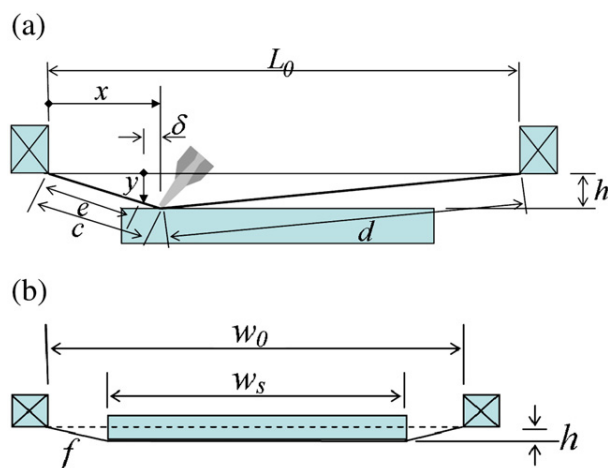
$$\Delta L = L_1 - L_0 = c + d - L_0 \sqrt{x^2 + h^2} + \sqrt{(L_0 - x)^2 + h^2} - L_0, \quad (2.1.1)$$

L_1 - dužina sito mreže nakon deformacije, L_0 - početna dužina sito mreže, x - pomeranje rakela, h - rastojanje između sita i podloge za štampu.

Širina deformacije sito mreže (Δw) može da se izračuna pomoću sledeće formule:

$$\Delta w = w_1 - w_0 = 2f + w_s - w_0 = 2\sqrt{\{(w_0 - w_s)/2\}^2 + h^2} + w_s - w_0, \quad (2.1. 2)$$

gde je w_1 - širina sito mreže nakon deformacije, w_0 - početna širina sito mreže, w_s - širina rakela, h - rastojanje između sita i podloge za štampu.



Slika 2.1.1. Deformacija sito mreže: a) dužina strane, b) širina strane

2.2. Tehnika digitalne ink jet štampe na tekstilu

Tehnika digitalne štampe najviše rasprostranjene za štampu na tekstilu je Ink Jet tehnika pri čemu svi sistemi koji se koriste imaju svoje specifičnosti. Princip rada je isti, bez obzira koji grafički sistem je u pitanju, a to je da se eliminiše tradicionalni proces pripreme štamparske forme i da se u najkraćem vremenu dobija pravi i zadovoljavajući kvalitet otiska (Chen i ostali, 2004). Kombinacija Ink Jet štampe sa ranije korišćenom tehnikom štampe na tekstil daje nove mogućnosti (Park i ostali, 2006), a nije zanemarljivo ni to što je ovaj način štampe manje štetan po okolinu (Changa i ostali, 2009).

Sistemi koji se koriste u digitalnoj štampi na tekstilu, mogu da budu Continuous ili Drop on Demand Ink Jet sistemi. Svaki od ovih sistema ima svoje prednosti i mane, kao što su niža cena mašine, jeftiniji otisak, veća brzina, kvalitet otiska, broj materijala na kojima može da se štampa, format podloge itd. (Yongqing, 2009).

Zajedničko za sve ove sisteme je to da njihovim korišćenjem kupac dobija (Ujie, 2006):

- Mogućnost štampe sa velikim brojem boja,
- Dobar kontrast i oštre linije na otisku,
- Specijalne digitalne efekte,
- Mogućnost štampanja velikih formata.

Primenom ove tehnike u štampi na tekstilnim materijalima omogućena je personalizacija proizvoda (Fralix, 2001) što takođe potpomaže povećanju udela na tržištu. U poređenju sa sito štampom, može se štampati sa različitim procentom cijan, magenta, žute i crne boje, a takođe se može štampati i sa manjom količinom boje što smanjuje i eko probleme (Provost, 2008).

Kod postupaka sito štampe na tekstil svaka boja se otiskuje na materijal u jednom prolazu, dok digitalna štampa omogućava da se svaki element dobije mešanjem korišćenih boja te samim tim to dopušta povećanje broja boja koje se koriste.

Dobar kontrast i oštrije linije na otisku su još jedna od prednosti digitalne štampe na tekstilu, a to se ostvaruje pomoću kontrole velikog broja mlaznica.

Pored toga mogu se postići i specijalni digitalni efekti. Slika može da se promeni u programskom jeziku (Kim, 2009) korišćenjem specijalnih efekata i da se zatim ta promena odštampa. Sve ovo moguće je ostvariti u veoma kratkom vremenskom intervalu što je još jedna specifičnost.

Ovakav način štampe primamljiv je i za dizajnere (Chun, 2011), zbog toga što su sve manje ograničeni formatom te mogu u potpunosti da ostvare svoje zamisli.

Jedna od mana ovih sistema je brzina jer najbrže mašine za jedan sat mogu da odštampaju 230 m² pri rezoluciji od 600 dpi, dok rotacione sito mašine za jedan minut mogu da odštampaju preko 50 m² (Clark i ostali, 2009). Faktor koji ograničava ovu brzinu je tehnologija. Pretpostavlja se da se brzina ovih sistema neće moći puno povećati sve dok se mehanički ne promeni nešto u načinu oslikavanja. Takođe, boje i oprema su u poređenju sa sito štampom skuplje, ali ipak novine koje je doneo ovaj način štampanja dobro su primljene od strane, kako proizvođača, tako i potrošača (Fang H. i ostali, 2011).

3.0. DOSTIGNUĆA U RAZVOJU MATERIJALA

Razvoj novih materijala ubrzava razvoj novih tehnologija. Tako je veoma bitan faktor u tehnici štampe na tekstilu odabir odgovarajućih materijala na kojima će se realizovati ovaj proces. Od svih materijala koji se koriste u ovom procesu, istaći će se značajni parametri tekstilnih materijala i boje uz pomoć kojih se dobija otisak.

3.1. Dostignuća u razvoju tekstilnih materijala

Tekstilna vlakna se mogu klasifikovati na više načina i to prema poreklu (prirodna i hemijska), prema tipu (pamučni, vuneni i svileni tip), prema hemijskom sastavu (organska i neorganska) i prema dužini (štapelna-ograničena dužina i filamenti „beskonačna dužina“) (Čunak i ostali, 2002, John M. i ostali, 2009).

Prirodna vlakna se dalje mogu podeliti na biljna, životinjska i mineralna vlakna (Wang G., 2009).

Sa druge strane su hemijska vlakna, koja mogu biti veštačkog (hidrofilna vlakna) ili sintetičkog porekla (hidrofobna vlakna), pri čemu je interesantno istaći da je danas oko 65 % tekstilnih materijala sintetičkog porekla. Njihov udeo na tržištu i dalje raste prvenstveno zato što su jeftini i laki za održavanje (Robson D. i ostali, 2011).

Veštačka vlakna su vlakna koja se proizvode od celuloze, najčešće iz određene vrste drveta. Dele se na vlakna „beskonačne dužine“ (filamenti) i štapel vlakna.

Sintetička vlakna su vlakna koja se po upotrebi i nameni ne razlikuju od veštačkih vlakana, ali su drugačijeg hemijskog sastava.

Veštačka vlakna se proizvode od celuloze i po hemijskom sastavu ostaju celuloza, dok se sintetička vlakna dobijaju sintezom različitih hemijskih sirovina. Sintetička vlakna mogu biti poliakrilna, poliamidna i poliesterska.

- Poliakrilna vlakna su po hemijskom sastavu poliakril nitriti. Najčešće se koriste u mešavinama sa pamukom i vunom (znači kao štapel vlakna), ali se prerađuju po tehnologiji za preradu pamuka ili vune i kao 100% akrilna vlakna. Osnovna karakteristika je mekan opip.

- Poliamidna vlakna se najčešće koriste kao tkanine za izradu postave kao i veštačke svile. Ova vlakna se najčešće posebno doraduju tzv. postupkom teksturiranja gde im se povećava volumen, dobijaju teksturu i postaju mekana i istegljiva.

- Poliesterska vlakna su najviše zastupljena vlakna. Njihova osnovna karakteristika je niska cena proizvodnje.

Sva sintetička vlakna su termoplastična, pa su osetljiva na visoke temperature. Poliesterska vlakna su najotpornija i sa lakoćom se mogu doradivati na temperaturi preko 130 °C. Mogu se i termofiksirati što znači da trajno zadržavaju oblik koji je pogodan za lako održavanje. Najčešće se upotrebljavaju u mešavini sa pamukom i to u odnosu 2/3 poliester i 1/3 pamuk. U mešavini sa vunom to je 55 -70% poliester i 45 - 30 % vuna.

Proizvodnja tekstilnih površina, na kojima će se štampati, podrazumeva:

- Proizvodnju tkanina,
- Proizvodnju pletenina i
- Proizvodnju netkanog tekstila

Tkanina je tekstilna površina koja nastaje ukrštanjem najmanje dva sistema prediva i to osnove (sistem u pravcu dužine) i potke (sistem u pravcu širine tkanine).

3.2. Dostignuća u razvoju boja

Boje za sito štampu se biraju u zavisnosti od materijala na kom se štampa i određenih zahteva koji proizvod treba da ispuni u svom veku trajanja. Prema načinu sušenja dele se na (Novaković i ostali, 2011):

Boje na bazi rastvarača – kroz isparavanje organskih rastvarača koje boja sadrži, dolazi do formiranja čvrstog sloja boje. Budući da rastvarači sadrže štetne isparljive supstance za sušenje boja potrebne su specijalne sušare i ventilacioni uređaji. Boje na bazi rastvarača se najčešće koriste za štampanje na papiru, kartonu i plastičnim materijalima. Ove boje se moraju pre štampe razrediti dodavanjem rastvarača kako se boja ne bi sušila na situ prilikom štampe. Dodavanje rastvarača mora biti precizno odmereno prema uputstvu proizvođača. Previše razređena boja se razmazuje po otisku i gubi se oštrina tačke prilikom otiskivanja. Dodavanjem nedovoljne količine rastvarača, boja postaje lepljiva, loše prolazi kroz okca sita i nepravilno prenosi na otisak.

Postoje i boje gde je rastvarač voda (boje na vodenoj bazi). Koriste se uglavnom pri štampi na tekstilu i u umetničkoj sito štampi (serigrafiji).

Boje koje se suše hemijskim reakcijama – dvokomponentne boje se suše uz pomoć dodatnih katalizatora do veoma čvrstih i otpornih slojeva boje. Boje koje se suše oksidacijom koriste se za štampanje na metalu, papiru, staklu, sintetičkim tekstilima itd. Sušenje ovih boja traje više časova ili dana. UV boje se sastoje iz tečnih prepolimera, monomera i fotoinicijatora koji se izlažu UV osvetljenju u posebnim UV sušarama. Boja osušena na ovaj način je čvrsta u roku od nekoliko sekundi i stvara veoma čvrst i otporan sloj boje. UV boje ne sadrže štetne materije, tj. veoma su jednostavne za upotrebu. Za razliku od boja na bazi rastvarača, karakteriše ih odličan završni sjaj i odsustvo promene nijanse boje nakon sušenja. Nanos boje mora biti strogo kontrolisan budući da vreme osvetljavanja pod UV lampama traje duže sa porastom debljine nanosa.

Zbog velikog broja materijala na kojima se tehnikom sito štampe može dobiti otisak veoma je važan odabir odgovarajuće boje (Ingram, 1999) prvenstveno jer je to jedan od najvažnijih faktora koji uslovljavaju dobijanje otiska maksimalnog kvaliteta (Phair i ostali, 2009). Trenutno dosta istraživača radi na otkrivanju novih boja koje bi bile pogodnije za reprodukciju zadatog posla, ali i dalje vode računa o tome da se sastav boje prilagodi podlozi na koju će se štampati (Pembertona i ostali, 2009, Winter i ostali, 2010, Jørgensen i ostali, 2009). U principu, sve boje koje se koriste u sito štampi, moraju imati veliku viskoznost kada se sa njima ne štampa pri čemu ta boja pri štampi mora da se razredi (Weng i ostali, 2010).

Ukoliko se obrati pažnja samo na štampu na tekstilu moglo bi se istaći da su u ovoj oblasti najčešće primenjene plastizol boje, pri čemu one moraju da ostanu stabilne nakon procesa pranja i sušenja (Ingram, 1999).

U zavisnosti od tehnologije Ink jet štampe, koriste se i različite boje. Vrsta boje koja se koristi u velikoj meri zavisi od karakteristika podloge na kojoj se štampa (adsorpcija, oslojavanje...), uslova koji okružuju budući odštampani proizvod (postojanost na svetlost, postojanost na vremenske uslove...) i proces sušenja koji se zahteva u toku štampe na različitim štamparskim sistemima (produktivnost, višebojna štampa, dalja obrada...) (Novaković i ostali, 2011).

Moglo bi se istaći da je iz godine u godinu potrošnja ink jet boja i tonera sve veća (Biry i Sieber, 2005), ali se i dalje postavlja pitanje koja vrsta boje je najbolja u štampi na tekstilu. Tako su Barashkov i Liu, 2001 godine tvrdili da boje sa tečnim nosiocem obojenja imaju malu stabilnost na uticaj svetlosti, slabu otpornost na vodu i nedovoljnu termičku stabilnost. Boje na bazi pigmenta prema njima imale su nedostatke kao što su loš kvalitet sjaja slike, mutniji sjaj boje i posebno visoke cene izvedene iz tradicionalne fizičke submikronizacije pigmentne čestice.

Sa druge strane Leelajariyakul S. i ostali, 2008, tvrde da boje na bazi pigmenta imaju veće optičke gustine, bolji ton reprodukcije, širi spektar boje, a i što je veoma važno otporne su na različite uticaje u procesu eksploatacije proizvoda.

Većina autora se slaže sa činjenicom da su boje na bazi pigmenta mnogo povoljnije ekološki i zahtevaju samo sušenje toplotom (Fang i ostali, 2008, Xue i ostali, 2006, Xu i ostali, 2006, Ryu i ostali, 2005).

Ozbiljne nedostatke dye boja su istakli Momin i ostali, 2011, tvrdeći da bez obzira na visok kvalitet boja koji se može postići upotrebom ovih boja mora se istaći da imaju mnogo nedostataka. Na primer svaka vrsta podloge zahteva specijalnu boju prilagođenu njoj, što dovodi do čestih zaustavljanja štamparskih sistema i samim tim do smanjenja zarade, kao i do potrebe tretmana podloge pre i posle štampe.

Kombinacija između ove dve vrste boja su nanokoloranti, koji se sve više upotrebljavaju u ovoj vrsti štampe (Hu, 2008).

4.0. OSNOVNI PARAMATERI OTISKA

Otiske dobijene štampom na tekstilu tehnikom digitalne ili sito štampe karakterišu određeni atributi.

4.1. Jačina boje

Jačina boje (K/S vrednost) je vrednost koja se dobija merenjem koncentracije boje ili pigmenata na obojenim ili odštampanim tekstilnim podlogama. Pošto je ova vrednost veoma važna veliki broj istraživača je određuje u svojim radovima (Bhatti i ostali, 2010, Giri Dev i ostali, 2009, Akgun i ostali, 2008, Bhatti i ostali, 2011, Yaman i ostali, 2009, Kaimouz i ostali, 2010, Kim i ostali, 2011). Računa se merenjem na obojenim ili odštampanim tekstilnim materijalima pomoću spektrofotometra u reflectance modu. Ovaj metod je definisao Vickerstaff kao "Direct Colourimetric Estimation". Princip je zasnovan na Kubelka-Munk relaciji koja daje vezu između K/S vrednosti i R (reflektanse) (Dapeng, 2004). Osnove teorije su dali Kubelka i Munk, 1931 koja se može predstaviti jednačinom:

$$K/S = (1 - R)^2/2R \quad (4.1.1)$$

gde je R - koeficijent refleksije prilikom upadanja svetlosti u materijal, K - koeficijent absorpcije materijala, S - koeficijent rasipanja materijala.

K/S vrednosti su određene pri maksimalnoj talasnoj dužini absorpcije, tj. tamo gde je vrednost refleksije najniža.

4.2. Razlika boje

Veoma bitna karakteristika otisaka su i koordinate boja L, a, b, C, h, te se i one određuju pri analizi odštampanih ili obojenih uzoraka (Giri Dev i ostali, 2009, Bhatti i ostali, 2011, Mousa i ostali, 2008).

Određen broj istraživača u svojim radovima određuje razliku boje između tekstilnih uzoraka nevezano da li su obojeni ili odštampani (Little i Christie, 2010, Mousa i ostali, 2008, Fashandi i ostali, 2010). Danas se u upotrebi nalazi više sistema za određivanje razlike boje (Mao i Rusel, 2007) koji pri izračunavanju koriste različite formule (modele) za određivanje razlike boje kao što su CMC (l : c) (Clarke i ostali, 1984), BFD (l : c) (Luo i Rigg, 1987), CIE94 (CIE: Technical Report, 1995), LCD (Kim i Nobbs, 1997) i najnoviji CIEΔE2000 (Luo i ostali, 2001). Određivanje razlike boje temelji se na određivanju razlika u koordinatama u prostoru boja (ΔL^* , Δa^* , Δb^*) (Kočevar, 2006). Suprotstavljena su mišljenja koji je sistem za određivanje primereniji. Neki istraživači smatraju da je to CIEΔE2000 (Luo i ostali, 2001, Xu i ostali, 2001), a u nekim radovima se i primenjuje (Gabrijelčić i Dimitrovski, 2007, Gabrijelčić i Dimitrovski, 2009, Novaković i ostali, 2010, Novaković i ostali, 2011, Kašiković i ostali, 2011). S druge strane nalaze se radovi koji u analizi koriste CMC(2 : 1) sistem (Mousa i ostali 2008, Novaković i ostali, 2010) i radovi koji koriste metod izračunavanja na osnovu $\Delta E_{a,b}$ (Giri Dev i ostali, 2009, Fashandi i ostali, 2010). Neki od istraživača u

radovima predstavljaju kombinaciju više formula za određivanje razlike boje (Shen i Berns, 2011).

Lee i ostali, 2011 su u radu predstavili sve formule za određivanje razlike. Najjednostavniji način određivanja razlike boje je $\Delta E^*_{a,b}$:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (4.2.1)$$

ili

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta C^*_{ab} + \Delta H^*_{ab}} \quad (4.2.2)$$

Noviji sistem predstavljen 1984 je CMC (Clark i ostali). Preporučena je od Internacionalne organizacije za standarde i ostalih organizacija koje rade na standardizaciji kao što su American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC), American Society for Testing and Materials (ASTM) i the Society of Automotive Engineers (SAE). Ova formula se koristi u više industrija.

$$\Delta E_{CMC(l:c)} = \sqrt{\left[\left(\frac{\Delta L^*}{lS_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{cS_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{S_H} \right)^2 \right]} \quad (4.2.3)$$

Luo i Ring, 1987 su modifikovali ovu formulu i nastala je formula BFD(l:c):

$$\Delta E_{BFD} = \sqrt{\left[\left(\frac{\Delta L_{BFD}}{l} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{cD_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{D_H} \right)^2 \right] + R_T \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{D_C} \right) + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{D_H} \right)} \quad (4.2.4)$$

Neki istraživači kao Alman i ostali, 1989 i Berns i ostali, 1991, su predlagali formulu koja je po strukturi slična CMC formuli, da bi je 1994 CIE komitet usvojio i tako je nastala formula CIE94.

$$\Delta E^*_{94} = \sqrt{\left[\left(\frac{\Delta L^*}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{K_H S_H} \right)^2 \right]} \quad (4.2.5)$$

Poslednju formulu za određivanje razlike boje odredili su Luo i ostali, 2001, pri čemu je CIE komitet usvojio ovu formulu kao CIEDE2000.

$$\Delta E_{2000} = \sqrt{\left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 \right] + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)} \quad (4.2.6)$$

4.3. Spektralne krive

Određivanje spektralnih krivih je relativno savremena tehnika u rešavanju različitih problema (Shams Nateri A., Ekrami E, 2010), a kao takva je našla široku primenu u mnogim oblastima (Shams Nateri i Ekrami, 2008, Karpinska, 2004, Bosch i Sanchez, 2004).

Sve veću primenu imaju pri analiziranju odštampanih ili obojenih tekstilnih

materijala (Shams Nateri i Ekrami, 2008, Kokas-Palicska i ostali, 2008). U principu, pigmenti ili boje absorbuju svetlost neke talasne dužine te se na osnovu tih podataka dobija spektralna kriva (Ikiz i Keskin, 2011). Moglo bi se reći da % relativne refleksije svake talasne dužine daje numeričku listu na osnovu koje se dobija oblik spektralne krive (Williams, 2006).

Reflektovano svetlo sa površine se izražava u vrednostima od 0 do 1 (ili od 0 do 100 %). Obično se refleksija meri u opsegu od 360 - 760 nm talasne dužine svetlosti, pri čemu su podaci nezavisni od karakteristika posmatrača, te se na osnovu njih može dobiti apsolutna tačnost merenja (Attarchi i Amirshahi, 2009).

Treba istaći da je oblik spektralnih krivih važniji od apsolutne vrednosti amplitude za određivanje boje, te su tako ove spektralne krive modifikovane da umanje uticaj koncentracije boje na spektralne krive (Golob i ostali, 2008).

5.0. IZLAGANJE ODŠTAMPANIH UZORAKA NA TEKSTILU SPOLJNIM UTICAJIMA

Uzorci odštampani na tekstilnim materijalima svakodnevno su izloženi različitim uticajima kao što su uticaji svetlosti, vremenski uslovi, pranje, toplotno dejstvo, trljanje itd.

5.1. Izlaganje odštampanih uzoraka uticaju svetlosti

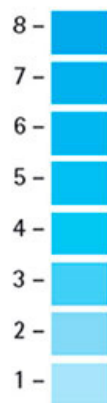
Izlaganje uzoraka svetlosti i vremenskim uslovima ima veliki uticaj na kvalitet proizvoda, prvenstveno zbog toga što izaziva promene u reprodukciji boja. To predstavlja veliki problem zbog toga što se ne može predvideti krajni izgled proizvoda (Herascu i ostali, 2008).

Izlaganje odštampanih uzoraka uticaju svetlosti može se realizovati u skladu sa sledećim standardima ISO 105 – B02, ISO 105-B01-1999, ISO 105-B03 -1997, ISO 105-B04-1997, ISO 105-B05-1996, ISO 105-B06-1999, ISO 105-B07:2009, ISO 105-B08:1999.

Veliki broj autora se pri izlaganju odštampanih uzoraka svetlosti odlučuje za standard ISO 105 – B02 (Vizárová i ostali, 2011, Varesano A. i Tonin C, 2008, Gorenšek i ostali, 2008, Erkan i ostali, 2011, Zarkogianni i ostali, 2010, Riva i ostali, 1999, Gun i Tiber, 2011), dok se neki autori odlučuju za više standarda, kao npr. Hattori i ostali, 2012 kombinuju standarde AATCC Test Method, Japanese Industrial Standard L0841 i British Standard 1006: B01/1-7. Sa druge strane Bai i Liu, 2011 su odlučili da provere postojanost na svetlost korišćenjem domaćeg standarda Chinese Standard GB/T 8427-2008.

Neki od autora su izlagali i druge proizvode, kao na primer kožu uticaju svetlosti, ali se tada koristi drugi standard prilagođen podlozi. U istraživanju Kanth i ostali, 2009 je korišćen indijski standard IS 6191–1971 (LF: 4) metod.

Promene između dva materijala pre i posle izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima određuju se vizuelno korišćenjem blue wool reference trake (slika 5.1.1) koja je razvijena u Evropi i za identifikaciju vrednosti koristi oznake od 1 do 8. Broj 1 označava veoma nisku postojanost boje, a broj 8 vrlo visoku postojanost boje nakon izlaganja uticaju svetlosti (Erkan i ostali, 2011, Kanth i ostali, 2009). U nekim radovima koristi se vizuelna ocena od 1 do 9 (Varesano A. i Tonin C, 2008).



Slika 5.1.1. Blue wool referentna traka

Činjenica je da izlaganje ovom procesu dovodi do razlike boje između dva oti-ska, kao i do promena u unutrašnjosti testiranog materijala (Morent i ostali, 2008).

5.2. Izlaganje odštampanih uzoraka uticaju pranja

Pranje bi se moglo definisati kao proces uklanjanja nečistoće sa tekstilnog ma-terijala ili drugog materijala u vodenim ili nevodenim rastvorima pomoću odgova-rajuće površinski aktivne materije (Džokić, 1985). U procesu pranja uključena su tri elementa:

- nečistoća (materijal koji treba da se ukloni sa podloge),
- podloga (površina koja treba da se očisti) i
- rastvor za pranje (tečnost koja se primenjuje da bi se sa podloge uklonila ne-čistoća)

Nečistoća može da bude tečna ili čvrsta, jonska ili nejonska, inertna ili reaktivna itd. Podloga može da bude različita u svojoj strukturi, sastavu, obliku, propustlji-vosti itd., što sve utiče na sposobnost uklanjanja nečistoće u rastvoru površinski aktivne materije koja takođe može da bude sa različitom sposobnošću pranja.

Uzorak se priprema za pranje tako što se tkanina (veličine 4 x 10 cm) ušiva na kraćoj strani od 4 cm između dve pomoćne bele tkanine jednakih dimenzija kao što je i uzorak (4 x 10 cm). Jedna od pomoćnih tkanina je od istih vlakana (materijala) kao i tkanina koja se ispituje, dok je druga tkanina izabrana prema tabeli odgovara-jućeg standarda. Tako pripremljen uzorak se postavlja u posudu aparata za pranje, te je potrebno dodati određenu količinu unapred zagrejanog sredstva za pranje od-nosno deterdženta.

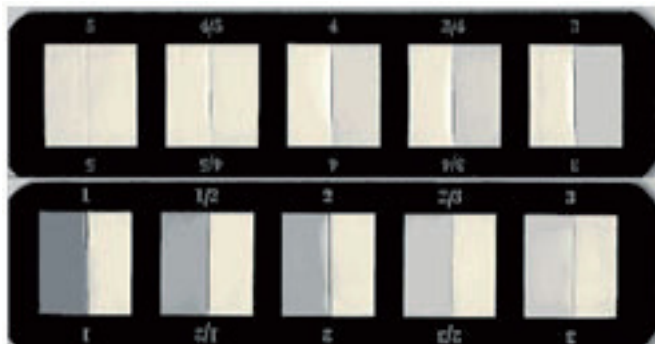
Uzorci se peru prema standardom definisanim vrednostima temperature i vre-mena, a bez obzira što se peru u istim uslovima mogu se dobiti različiti rezultati nakon procesa pranja ukoliko se promeni vrsta deterdženta (Was-Gubala, 2009).

Posle pranja sastavljen uzorak se ispira dva puta u hladnoj vodi (temperature 3° C) i nakon toga u hladnoj tekućoj vodi uzorak se ispira 10 minuta da bi se na kraju cedio. Na kraju je potrebno otvoriti sastavljen uzorak (zašiven je samo na jednoj kra-ćoj stranici) i sušiti ga obešenog na vazduhu gde temperatura vazduha ne sme preći 60° ± 2° C. Važno je istaći da se pri tome uzorak i dve pomoćne tkanine dodiruju samo na mestu gde su ušiveni.

Dosta istraživača pri ispitivanju uticaja procesa pranja na podlogu koristi stan-dard ISO 105-C01 (Bozic i ostali, 2009, Ferrero i Periolatto, 2011, Nakpathom i ostali, 2009, Vilcnik i ostali, 2009, Chairat i ostali, 2010, Kalantzi i ostali, 2010, Xiang i Cai, 2008).

Menjanje boje uzorka i obojavanje belih pomoćnih tkanina komparativno se ocenjuje pre i posle pranja vizuelno pomoću sive skale (slika 5.2.1) ocenama od 1 do 5. To se vrši u skladu sa standardima SIST EN 20105-A02:1996 i SIST EN 20105-A03:1996 ili uz pomoć refleksionog spektrofotometra u skladu sa SIST EN ISO 105-A05:1999 i SIST EN ISO 105-A04:1999. Dokazano je da proces pranja izaziva određe-

ne promene u strukturi materijala (Vilcnik i ostali, 2009, Lam i ostali, 2011, Tomsic i ostali, 2008).



Slika 5.2.1. Siva skala za ocenu promene obojenja

Primenom standarda na odštampane tekstilne materijale dobijaju se ocene promene boje uzorka prema sivoj skali, ocene bojenja tkanina poliestarskih graničnih vlakana prema sivoj skali i ocene bojenja pamučnih tkanina prema sivoj skali.

5.3. Izlaganje odštampanih uzoraka toplotnom uticaju

Ukoliko se obrati pažnja na toplotni tretman ili proces peglanja, moglo bi se istaći da je to veoma uticajan faktor prvenstveno zbog toga što toplota deluje kako na odštampanu boju tako i na tekstilna vlakna podloge na koju se otiskuje. Posledica toga je da dolazi do promene obojenja, strukturne promene tekstilne podloge, kao i samih boja na otisku (Novaković i ostali, 2010). Toplotno dejstvo prenosi toplotu kroz tekstilne materijale na tri načina: provođenjem, konvekcijom i elektromagnetnom radijacijom (Bankvall, 1973, Bomberg i Klarsfeld, 1983, Mao i Russell, 2007) što može dovesti do promene strukture vlakana (Michalak i ostali, 2009).

Najčešće se primenjuje standard ISO 105-X11:1994 (Solina i ostali, 2011, Sánchez i ostali, 2010, Mohammadkhodaei i ostali, 2010, Qian i Songb, 2009, Oprea, 2007), mada kod nas neko od autora koristi i srpski standard SRPS F.S3.311 (Kašiković i ostali, 2011).

Uticaj toplotnog dejstva se meri prema standardima toplotnim dejstvom od 110 °C, 150 °C i 200 °C, pri čemu odabir temperature zavisi od podloge na koju se deluje. Nakon toplotnog dejstva, vrši se ocena otpornosti obojenja na toplotno dejstvo kao i ocena prelaza na pamuk. Kao referentne vrednosti uzimaju se sive skale koje na osnovu ocena od 1 do 5 (slika 5.2.1) karakterišu svojstva ispitivanih materijala. Ocena 1 je najslabija, a ocena 5 najbolja.

Kako bi se osigurala toplotna tačnost posebno mesto se u novijim istraživanjima pridaje uređajima koji mogu beskontaktno identifikovati temperaturno polje. Među njima najtačniji rezultati dobijaju se korišćenjem termovizijske kamere (Sil'd i ostali, 2004).

Termovizijska kamera radi na principu IR zračenja. Ova metoda ne narušava merenje temperature, te ima visoku tačnost merenja (Mao i Russell, 2007, Minkina, 2004, Madura, 2004, Dudzik, 2009). Kao takva metoda koristi se u mnogim područjima nauke, pri čemu se princip merenja bazira na sledećem:

- Očitava se vrednost temperature sa mernog polja (Rogalski, 2000)
- Preko odgovarajuće programske podrške dobije se termalna slika objekta, koja se može analizirati (Dudzik, 2003).
- Vrednost izmerene temperature može se izraziti kao funkcija pet parametara (Minkina, 2004, Dudzik, 2005, Yang, 2004)

$$T_{ob} = f(\varepsilon_{ob}, T_{atm}, T_o, \omega, d), (K) \quad (5.3.1)$$

gde je: ε_{ob} - emisivnost površine, T_{atm} - temperatura atmosfere, T_o - temperatura mernog mesta, ω - relativna vlažnost, d - udaljenost termovizijske IR kamere.

Zato što ovakav način merenja uzima u obzir sve navedene parametre dobija se velika tačnost merenja, a nije zanemarivo i to što je i sam način merenja siguran za operatera. Sam princip termovizijskog merenja literaturno je definisan (Minkina, 2006).

5.4. Izlaganje odštampanih uzoraka uticaju trljanja

Istraživanjem uticaja trljanja na otiske bavi se dosta naučnika (Xie i Hou, 2008, Najati i ostali, 2009, Mongkholrattanasit i ostali, 2011, Sánchez i ostali, 2010, Mongkholrattanasit i ostali, 2010, Mongkholrattanasit i ostali, 2009, Avinc i ostali, 2010, Xie i ostali, 2010, Hou i ostali, 2008).

Samo izlaganje uzoraka se najčešće vrši prema standardu ISO 105-X12 (Xie i Hou, 2008, Najati i ostali, 2009, Mongkholrattanasit i ostali, 2011, Sánchez i ostali, 2010, Mongkholrattanasit i ostali, 2010, Mongkholrattanasit i ostali, 2009, Avinc i ostali, 2010, Xie i ostali, 2010, Hou i ostali, 2008), te se nakon tog izlaganja promene na svim uzorcima ocenjene prema sivoj skali (Avinc i ostali, 2010) pri čemu se vrše ocene prelaza boje i na suvo i na mokro trljanje.

Kao i kod merenja dosadašnjih uticaja ocena 1 predstavlja najmanje, a ocena 5 najbolje karakteristike uzoraka pri delovanju trljanja. Ocenjivanje se takođe vrši prema sivoj skali (Najati i ostali, 2009).

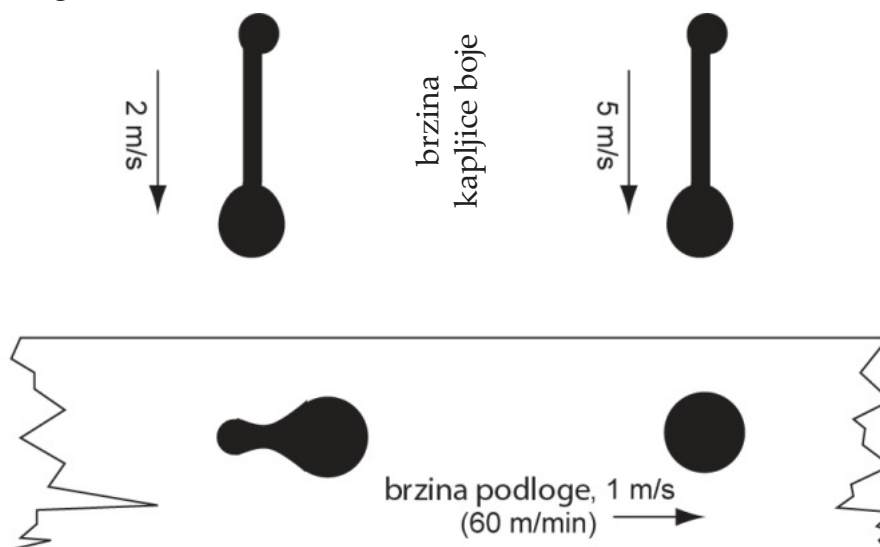
6.0. PREGLED AKTUELNIH ISTRAŽIVANJA PREDMETNE OBLASTI

Pošto je većina radova kombinacija svih teorijskih osnova teško bi ih bilo pojedinačno razdvojiti prema poglavljima, te je zbog toga ovo poglavlje obuhvatilo analizu dela radova koji se bave ovom problematikom.

Rad koji je Dawson predstavio 2000, nije najaktuelniji, ali je dosta puta citiran u međunarodnim časopisima, pre svega zato što se bavi tematikom koja je uvek aktuelna, a to je interakcija podloge i kapi boje.

Radi boljeg razumevanja neophodno je razmotriti šta se dešava kada projektovane kapi padnu na podlogu. Bez obzira da li se glava za štampanje kreće po stacionarnom putu podloge ili obrnuto, uvek će postojati relativna kretanja i potrebno je razmotriti kretanja razlike između glave za štampanje, brzine podloge i brzine kojom kapi putuju.

Slika 6.1 pokazuje kako razlike u ovim vrednostima mogu da utiču na oblik mesta što će se rezultirati kada kap boje padne na tekstil (čak i pod pretpostavkom da je tkanina trenutno mokra). Jasno je da pri većoj brzini štampe mora biti veća brzina kapi mlaznog sistema.



Slika 6.1. Dejstvo kapi i brzina podloge

Ovaj efekat bi bio naglašen ako bi podlogu postavili preblizu izlaza mlaza u tački gde kapljica ima dugačak „rep“. Mikroskopski pregled otisaka iz neke dostupne komercijalne ink jet mašine za štampu na papir ponekad pokazuju da su repovi kapi boje razbijeni u sitne satelitske kapi, ali ukupan štampani efekat ne pokazuje to dejstvo. Brzine kapi variraju od 2-5 m/s (elektromagnetni ventil), 5-20 m/s (bubblejet ili piezo) do 20-40 m/s (charged drop štampači). To je međutim moguće za projektovanje kapi boje sa prevelikom brzinom. Ovo je posebno slučaj kod podloge koja ne vlaži brzo (npr. previsoka viskoznost boje, loše pripremljen tekstil ili gusto tkanje). To je posebno uočljivo u štampi tepiha gde su veličine kapi prilično velike da prskaju kada:

1. Je bolje da je tepih u petlji nego u gomili rezova,
2. Tepih ima loše svojstva,
3. Prekomerno delovanje pritiska naliva boje

Za ink jet štampanje tekstila korišćenjem bubblejet ili piezo štampača, tkani- na je prvo data na dopunjavanje zgusnutim rastvorom (i niz drugih dodataka koji boji olakšavaju apsorbciju i fiksaciju) praćeno sušenjem. Ovo ima za posledicu da kapljica boje u velikoj meri apsorbuje na površinu vlakna i proizvodi jači, oštro od- štampani znak, uprkos činjenici da je nanošenje slabije u poređenju sa neobrađenim tkaninama. Ovo je zbog veoma slabe izabrane štampajuće boje u poređenju sa kon- vencionalnim metodama za sito štampu (oko 25% - 100%). Kao rezultat toga, bočna širenja štampanih otisaka usled kapilarne sile su svedena na minimum, uprkos či- njenici da boja ima veoma nizak viskozitet (5-10 mPa/s).

Sa druge strane, Akgun i ostali, 2008 u svojim istraživanjima, analiziraju pro- mene u jačini i zasićenju boje koje se dešavaju u obojenom poliestru posle različitih ciklusa trenja (habanja-abrazije) za različite parametre tkanine.

U eksperimentu su kao tekstilni materijali, korišćeni uzorci poliestarskih tka- nina, pri čemu je ukupno upotrebljeno 12 tkanina koje su imale različite parametre pri proizvodnji. Šest tkanina je ravno (sečena tkana prediva), a 6 unakrsno tkano (kontinualna tkana prediva).

Bojenje tkanine je obavljeno pomoću disperzivne boje (Disperzivne crvene 74:1) u uređaju Termal HT, dok su se testovi abrazije vršili pomoću uređaja Nu-Martin- dale Abrasion Tester 2500, 5000, 7500 i 10,000 puta. Dobijeni rezultati su izemerni pomoću Macbeth Reflectance Spectrophotometer (MS 2020+) pri D65 osvetljenju i 10° uglu posmatrača.

Rezultati merenja jačine boje (K/S) su pokazali sledeće: Ukoliko bi se obratila pažnja na materijale dobijene ravnim tkanjem, kod njih bi se uočilo da su obični materijali imali veće K/S vrednosti nego keper materijali. Te vrednosti su poveća- ne nakon 2500 ciklusa abrazije, da bi nakon dodatnih ponavljanja ciklusa abrazije, vrednost za K/S počela postepeno da se smanjuje što je više izraženo kod keper tka- nina.

Sa druge strane pri analizi tkanina dobijenim kontinualnim tkanjem, uočeno je da je vrednost K/S porasla nakon 2500 ciklusa abrazije i ostaje i dalje ista bez obzira na povećanje broja ciklusa abrazije.

Merenja vrednosti zasićenja boja su pokazala da do 2500 x vrednost zasićenja boje raste, da bi nakon toga počela naglo da pada. Razlog smanjivanja tih vrednosti može biti povećan broj krajeva vlakana pomerenih ka površini zbog povećanja ci- klusa abrazije.

Na osnovu dobijenih rezultata je utvrđeno da rezultati koji se dobijaju merenjem ravno i unakrsnih tkanina pri istim povezima prikazuju izrazito različita svojstva bojenja. Smatra se da je razlog za razliku broj tačaka kontakta prediva u strukturi tkanine koji su uticali na protok bojene kupke u vlakna. Tkanine pletene od nepre- kidnih niti nisu promenile svoj izgled posle 2500 ciklusa abrazije, dok su tkanine pletene od sečenih niti promenile izgled u zavisnosti od primenjene koncentracije boje.

Giri Dev i ostali, 2009 su u svom radu pokušali da dokažu kako će povećanje koncentracije Chitosan u procesu bojenja vunениh tekstilnih tkanina dovesti do povećanja K/S vrednosti, te su tako u eksperimentu dodavali različite koncentracije chitosana u vunenu tkaninu (0,5 - 1,5 %). Pored posmatranja kako će koncentracija chitosana uticati na K/S vrednosti posmatrano je kako će koncentracija chitosana uticati i na otpornost uzoraka na pranje i trljanje.

Svi uzorci su bojени pomoću prirodne boje na bazi kane, sa koncentracijom boje u vodi od 3 %, 9 % i 15 % i analizirani su pomoću spektrofotometra UV-Vis spectrophotometer (U-3210, Hitachi, Japan). Dokazano je da je povećanje vrednosti chitosana dovodilo i do povećanja K/S vrednosti. Uzorci sa najvećom koncentracijom chitosana najviše su se razlikovali od uzoraka koji nisu u sebi uopšte imale dodatke chitosana (nezavisno od koncentracije boje). Takođe, važno je istaći da je učešće chitosana dovodilo do toga da uzorci sa najvećom količinom chitosana postaju tamniji.

Ispitivanje otpornosti uzoraka na pranje su izvršili prema standardu IS 3361:1988 te su pomoću sive skale ocenja postojanost osnovne boje na pranje i ocena bojenja graničnih tkanina.

Povećanje otpornosti osnovne boje na pranje i povećanje ocene bojenja graničnih tkanina nije zabeleženo u slučaju kada se radilo sa koncentracijom boje od 3 %. Tek su uzorci koji su bili bojени sa 9 % boje i sa koncentracijom chitosana od 1 i 1,5 % dobile veće ocene za otpornost osnovne boje (ocena bojenja graničnih tkanina je ostala ista). Potpuno isti rezultati su dobijeni kod koncentracije boje od 15 %, te se na osnovu rezultata, može reći da povećanje koncentracije boje (preko 9%) i koncentracije chitosana (preko 1%) povećava otpornost osnovne boje na pranje. Ocene bojenja graničnih tkanina uvek su iste, pa se može zaključiti da povećanje koncentracije chitosana na njih ne utiče.

Otpornost na trljanje su pratili prema standardu IS 766:1988, te su zaključili da ocena prelaza boje pri suvom trljanju opada kod uzoraka koji su bojени sa 9 % koncentracije boje i u sebi imaju koncentraciju chitosana. Sa povećanjem koncentracije chitosana ta ocena je bila još niža, te je krajnja ocena iznosila 3-4. Kada je u pitanju veća koncentracija boje od 15 % smanjenje ocene prelaza boje pri suvom trljanju se tek ostvaruje pri udelu chitosana od 2 %. Ocene prelaza boje pri mokrom trljanju su generalno niže, ali su dosta šarolike te se tu nije mogla naći veza između povećanja koncentracija chitosana i dobijene ocene.

Zaključak njihovih istraživanja je da će povećanje koncentracije chitosana svakako povećati vrednosti za K/S, kao i da će povećati otpornost na pranje. Samim tim bi se pri proizvodnji materijala pre štampe mogla obratiti pažnja na ove rezultate.

Bhatti i ostali, 2010 su u svom radu pratili uticaj gama zračenja na pamučne tkanine pri obojenju materijala pomoću boje Natural Yellow 3 i njihovu vezu sa K/S vrednostima, kao i njihov uticaj na otpornost uzoraka na svetlost, pranje i trljanje. Vodili su se time da je već dokazano da gama zračenje vlakana olakšava sakupljanje i gužvanje, zatim povećava količinu boja na vlaknima, što je i Millington, 2000, dokazao koristeći kao podlogu vunena vlakna. U obzir su uzeli i tvrdnju da zračenje neće izazvati nikakve negativne promene u fiziološkim karakteristikama obojenja (Kim i ostali, 2006).

Pamučna tkanina je izložena dozama gama zračenja 1,2,3,4 i 6 kGy uz pomoć Co-60 gama iradijatora u Nuclear Institute of Agriculture and Biology (NIAB), Faisalabad, pri čemu je Fricke dozimetrijom kalibrisan izvor zračenja radi merenja veličine gama radijacije izvora (Sehested, 1970).

Svi uzorci su analizirani pomoću spektrospectraflash SF-650 i rezultati su pokazali da su ozračeni uzorci imali veću jačinu boje u poređenju sa neozračenim.

Takođe su merili otpornost ozračenih uzoraka na pranje korišćenjem standarda ISO 105-CO3, otpornost na trljanje (ISO 105 X-12) i postojanost na svetlost (ISO 105 BO2).

Dobijene ocene na otpornost su velike i oni tvrde da je gama zračenje povećalo otpornost materijala na ove uticajne faktore. Činjenica je da su rezultati dosta visoki, ali takođe upada u oči da oni nisu analizirali uzorke koji nisu bili podvrgnuti gama zračenju, pa se ne vidi da li je to zračenje povećalo otpornost uzoraka.

Isti autori su želeli da utvrde šta će se desiti pri zračenju ukoliko se umesto Natural Yellow 3 koristi boja Reactive Black -5 (Bhatti i ostali, 2011), pri čemu su kao tekstilni materijal koristili pamučna vlakana.

Kao i u prethodnom radu uzorci su mereni pre i posle ozračenja pomoću spektrofotometra SF-650, dok su uslovi ozračenja bili isti kao i u prethodnom slučaju (100, 200, 300, 400, 500 i 600 Gy pomoću Co-60 gamma irradijator).

Dobijeni rezultati su pokazali da će ozračeni uzorci imati veće vrednosti za K/S, te je na osnovu ova dva istraživanja definitivno potvrđeno da će gama zračenje obojenih uzoraka povećati njihove vrednosti za jačinu boje.

Takođe su odradili i ispitivanja postojanosti uzoraka na pranje, korišćenjem standarda ISO 105-CO3, otpornost na trljanje (ISO 105 X-12) i postojanost na svetlost (ISO 105 BO2), ali su ovaj put u analizu uzeli i neozračene uzorke. Dokazali su da će pri zračenjima od 200 Gy doći do povećanja otpornosti na pranje i svetlost, a pri zračenjima od 500 Gy do povećanja otpornosti na trljanje.

Ova dva rada su takođe putokaz na šta se sve pri proizvodnji tekstilnih materijala može obrati pažnja kako bi rezultati bili zadovoljavajući, nebitno da li je u pitanju otpornost na neki uticaj ili pak jačina boje.

Yuen i Kan, 2007 su se bavili sličnom tematikom te su pratili kako će se uzorci odštampani ink jet tehnikom štampe na pamučnu podlogu ponašati ukoliko se podloga pre štampe tretira plazmom pod niskim temperaturama. Ovaj tretman se najčešće koristi za nanošenje sloja na pamučne tkanine pre štamparskog procesa kako bi interakcija boje i podloge bila efektivna. Kao podloga za štampu je uzet tekstilni materijal sa 100 % sirovinskom vrednošću pamuka, pri čemu je njegova površinska masa iznosila 136 g/m² i gustinom pletenja od 136 po dužini i 76 po širini.

Plazma tretman je izvršen pomoću generatora u trajanju od 1, 2, 5, 15, 30 i 60 minuta, da bi se nakon toga na tu tkaninu nanela još i pasta pomoću mašine TK Homo Mixer. Otisak na podlozi se dobio štampom na grafičkom sistemu Mimaki Tx2-1600 koji radi na piezo principu ink jet štampe. Svi uzorci su odštampani žutom bojom, te se boja nakon štampe fiksirala 5 minuta na temperaturi od 110 °C.

Spektrofotometrijska merenja su izvršena pomoću spektrofotometra Macbeth Colour Eye 7000A Spectrophotometer, dok je struktura površine istraživana skenirajućim mikroskopom JEOL JSM-6335F pri uvećanju od 10000 puta. Uzorci korišćeni za analizu su bili podvrgnuti izlaganju uticajima svetla (standard AATCC Test Method 16-2001), pranja (standard AATCC Test Method 61-2001) i trljanja (standard AATCC Test Method 8-2001).

Dobijeni rezultati su pokazali da je pomoću plazma tretmana, boja dobijena na podlozi značajno poboljšana uz izlaganje plazma tretmanu od 2 minuta. Povećanjem vremena tretmana vrednost za nanos boje je opadala.

Posmatranje pod elektroskopskim mikroskopom pokazalo je da je LTP tretman olakšao ispunjavanje pukotina između pamučnih vlakana pastom za obrađivanje tkanine, što je za uzvrat stvorilo mogućnosti nanošenja boje ujednačeno po površini tkanine. Ovako ujednačeno nanošenje sloja boje omogućilo je da se otisak boje fiksira na površini tkanine i zadrži na njoj.

Trajnost otisaka ostvarenim ink jet štampom na obrađenoj tekstilnoj podlozi sa LTP uređajem unapređena je pri izlaganju uzoraka svetlosti, pranju i trljanju. Prema različitim trajanjima ekspozicije tkanine LTP tretmanu, zaključeno je da je maksimalna trajnost boje ostvarena pri ekspoziciji od 2 do 5 minuta, dok pri dužim izlaganjima te vrednosti opadaju.

Zaključak je da LTP tretman tekstilnih podloga u kombinaciji sa ink jet štampom odlična tehnika za postizanje velikog kvaliteta konačnog proizvoda u efektivnom procesu.

Kaimouz i ostali, 2010, su pratili uticaj dye boja u Ink Jet štampi na tri vrste materijala pri čemu su tretiranjem podloga pre štampe, želeli da utvrde kako će to uticati na jačinu boje, fiksiranje boje upijanjem i penetraciju boje.

Kao podloge u ispitivanjima su korišćeni sledeći tekstilni materijali:

- Tencel (3/1 keper tkanje, gustina tkanja: po dužini 48/1 (Nm), po širini 46/1 (Nm)),
- Tencel A100 (obično tkanje, gustina tkanja: po dužini 92/1 (Nm), po širini 93/1 (Nm)),
- pamučna tkanina (obično tkanje, gustina tkanja: po dužini 52/1 (Nm), po širini 48/1 (Nm))

U ispitivanje je uključeno pet varijabilnih faktora, kao što su koncentracija uree, alkali, inhibitor migracije, agent penetracije i u tretiranju podloge pre štampe, kao i trajanje predtretmana. Vrednost svakog od ovih faktora je menjana, a u ispitivanjima su predstavljene po dve karakteristične vrednosti što je ukupno dalo 32 kombinacije za ispitivanje.

Nakon tretmana podloge, uzorci su dobijeni korišćenjem štamparskog sistema Epson Stylus Colour 3000 DOD štampom u jednom prolazu (rezolucija od 1440 dpi je korišćena u eksperimentu) i boje Novacron Red MI-500.

Kod sva tri materijala je bez obzira na vrstu predtretmana zabeležen porast vrednosti za jačinu boje. Mora se istaći da je od svih uticajnih faktora, najvažni-

ja stvar bila koncentracija uree i povećanje vremena predtretmana mada ovaj drugi faktor nije toliko značajan kada je u pitanju materijal Tencel A100. Ta dva faktora su jedino i bila bitna kada je u pitanju pamučna podloga, dok se kod materijala Tencel i Tencel A100, kao značajni faktori mogu smatrati i tri preostala uticajna parametra. Ukoliko bi se sva tri materijala međusobno uporedila, najbolji rezultati su dobijeni kod materijala Tencel, a najlošiji kod materijala Tencel A100.

Kod fiksiranja boje upijanjem vreme predtretmana je veoma značajan faktor, ukoliko se posmatraju sve tri podloge. Koncentracija uree je bitna kod materijala Tencel A100 i pamuk, dok statistički uopšte nije značajna kod materijala Tencel kod kojeg su najznačajnije interakcije između nivoa alkala i vremena predtretmana.

Ispitivanje penetracije boje kod sva tri materijala su pokazala da je i ovde kod materijala Tencel A100 i pamuk najznačajni uticaj koncentracije uree, koja opet uopšte ne utiče na materijal Tencel. Nivo inhibitora migracije je kod ovog materijala najznačajniji faktor. Generalno se moglo reći da povećanje svih uticajnih faktora ima više uticaja na pamučne nego na Tencel materijale.

Kaimouz i ostali, 2010, su u drugom delu svog istraživanja, pokušali da nađu vezu između jačine i fiksiranja boje sa penetracijom boje.

Podloge su pre štampe tretirane ureoom, alkalima, inhibitor migracije, agentima nonionic penetracije i sodium mnitrobenzenesulphonate da bi se štampanje izvršilo pomoću grafičkog sistema Epson Stylus Colour 3000 koji je koristio boju Novacron Red MI- 500 (Huntsman, Švajcarska).

Kao i u njihovim prethodnim radovima ukupno je analizirano 32 uzorka.

Veza između penetracije boje u tkanini i vrednosti za jačinu boje je veoma bitna iz prostog razloga što podloga treba da absorbuje određenu količinu boje, a to ne bi smelo da utiče na kvalitet proizvoda.

Kod pamučne tkanine je zabeleženo da manja količina penetracije boje, dovodi do većih vrednosti za jačinu boje što omogućava dobija dubljih nijansi boje. Materijali Tencel i Tencel A100 se drugačije ponašaju, te je tako kod uzoraka koji su odštampani na materijalu Tencel zabeleženo da male varijacije u penetraciji boje proizvode velike varijacije za jačinu boje što je i uočljivo. U slučaju materijala Tencel A100, jačina boje bila je nezavisna od penetracije što je dovelo do zaključka da u svim slučajevima ne postoji veza između penetracije i jačine boje.

Varesano A. i Tonin C. (2008) u svojim istraživanjima se bave poboljšanjem električnih performansi vune dodavanjem polipirola na površinu vlakana. Od svih vrsta vune, odabrana je karakteristična merino vuna pre svega zbog njenih dobrih karakteristika i dostupnosti na tržištu.

Otpriblike 1 kg vune je tretiran u vodenom rastvoru sa sledećim odnosom $FeCl_3/NDS/Py$ /težina vune 0.86:0.30:0.16:1.00. Procesu tretiranja su podvrgnuta dva tekstilna materijala. Prvi KF1 je mešavina 20% vune koja je obložena polipirolom PPy i 80 % obične vune, dok je drugi tekstilni materijal KF2 vuna obložena sa 100% polipirola. Izmerili su otpornost tretiranih uzoraka posle tretmana na sledeće uticajne faktore:

1. otpornost na pranje, korišćenjem Original Hanau Linitest aparature i ECE deterdženta (EMPA Testmaterials), prema standardu EN ISO 105-C06:1997.

2. otpornost na organske rastvarače, pomoću Original Hanau Linitest aparature i EN ISO 105-X05:1997

3. postojanost na veštačko svetlo (D65) korišćenjem (Atlas Xenotest Alpha) prema standardu EN ISO 105-B02:1999.

4. otpornost na suvo i mokro trljanje, prema standardu UNI EN ISO 105-X12:1997.

Ocene su izvršene na osnovu sive skale, pri čemu je ocena 1 najniža, a ocena 5 najbolja, dok je kod izlaganja veštačkom svetlu posmatrani raspon od 1 do 9. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da su obe vrste materijala imali veliku postojanost na veštačko svetlo (ocena 7). KF1 materijali su imali manju ocenu od KF2 materijala kada je u pitanju ocena otpornosti na pranje (2-3 prema 4) posle tri procesa pranja. Veću ocenu na otpornost na suvo trljanje ima tekstilni materijal KF1 (4-5 prema 3-4), dok je otpornost na organske rastvarače jednaka i iznosi 5.

Gorenšek i ostali (2008) se bave uticajima temperature boje pri farbanju površine, pH vrednosti kupke boje, kao i šta se dešava pri dodavanju $\text{Na}_2\text{O}:2\text{SiO}_2$ u tu kupku. Pratilo se kako te promene utiču na jačinu boje, otpornost uzoraka na trljanje (korišćen je standard EN ISO 105-X12), pranje (korišćen je standard ISO 105-C03) i svetlost (korišćen je standard EN ISO 105-B-02) kada je u pitanju obojena pamučna tkanina.

Za dobijanje spektrofotometrijskih vrednosti, odnosno pri određivanju jačine boje, kao i razlike boje korišćen je Datacolor Spectraflash SF 600 Plus-CT, sa sledećim podešavanjima 3 mm otvor, D65 i ugao posmatrača 10° . Rezultat merenja je srednja vrednost dobijena nakon 25 merenja.

Na osnovu ovih rezultata uočeno je da je najveća vrednost za jačinu boje dobijena pri temperaturi od 20°C , a najmanja pri temperaturi od 40°C .

Moglo se zaključiti da promene temperature boje neće značajnije uticati na K/S vrednosti, kao i da promene pH vrednosti kupke boje nisu preporučljive jer onda dolazi i do promene boje na uzorku. Dodavanjem $\text{Na}_2\text{O}:2\text{SiO}$ povećavaju se vrednosti K/S, pa bi se eventualno mogao smanjiti broj potapanja uzoraka, ukoliko se žele dobiti istovetni rezultati.

Ali Moussa i ostali su u svom radu koji je objavljen 2008, pratili uticaj strukture tekstila na boju. Sistematski su analizirane promene spektralne refleksije i razlike boje između tri vrste tekstilnih podloga: pređa, pletiva i tkanine.

Kao merni instrument je korišćen spektrofotometar Minolta CM-512m3 (Konica Minolta Holdings, Inc., Japan).

Eksperiment je pokazao da refleksija obojene površine direktno zavisi od njene strukture.

Kandi i Rahmati (2008) prate uticaj teksture na boju, te su u ispitivanjima koristili 9 različitih boja sa sedam tekstura, što je ukupno dalo 63 uzorka za analizu.

Svi materijali su bili 100 % poliester.

U vizuelnoj oceni, korišćen je ICS TEXICON light cabinet (Datacolor, Switzerland) sa $0^\circ/45^\circ$ merna geometrija i D65 osvetljenje, dok je svetlo u pozadini iznosilo

60. Ukupno je 18 ispitanika ocenilo koliko se uzorci razlikuju, pri čemu je uzorak najfinije strukture bio referentna vrednost.

Spektrofotometrijskim merenjima korišćenjem CIELAB 1976 i CIEDE 2000 (2:1:1) je određena vrednost za razliku boja između uzoraka različite grubosti.

Prema rezultatima vizuelne ocene i instrumentalnih merenja dokazano je da je promena grubosti tekstilne strukture veoma uticajan faktor.

Zhang i Fang (2011) u svom radu prate uticaj tretmana plazmom na vreme kvašenja vodom, jačinu boje i otpornost na trljanje pri ink jet štampi na poliestru.

Poliestarski materijal koji je korišćen u ovom ispitivanju je bio 62 g/m² sa debljinom oko 0,25 mm. Plazma tretman na četvoroslojnom poliestarskom materijalu je izvršen pomoću ST/RI pulse plasma surface modification equipment (Shanghai Textile Research Institute, Shanghai, China), pri čemu je izlagana površina od 25 x 25 cm između dve bakarne elektrode. Ispod njih se nalazila staklena barijera.

Kao boje pri štampi su korišćene cijan i magente boje na bazi pigmenta (Nanocolorants and Digital Printing R&D Centre, Jiangnan University, Wuxi, China), dok je proces štampanja izvršen na grafičkom sistemu Mimaki JV4-180 digital printer (Mimaki Engineering Co., Ltd, Nagano, Japan). Uzorci su se nakon štampe tri minuta, pri temperaturi od 120 °C, izložili sušenju pomoću Minni thermo-350 baker (Roaches International Ltd, Dewsbury, UK).

Površina poliestera je analizirana pomoću AFM mikroskopa CSPM4000, pri čemu je vertikalna rezolucija mašine iznosila 0,1 nm, a horizontalna 0,2 nm. Korišćen mod za skeniranje je kontakt mod gde je skeniranje postavljeno na veličinu 5 x 5 µm.

Važno je napomenuti da su spektrofotometrijska merenja za jačinu boje (K/S) odrađena pomoću X-Rite Premier 8400 colour measurement system (XRite, Grand Rapids, MI, USA) sa podešavanjem D65 i 10⁰, a da su uzorci izloženi trljanju prema standardu ISO 105-X12:1993 korišćenjem uređaja Crockmeter.

Testiranje uzoraka na trljanje nije pokazalo značajne uticaje plazma tretmana jer su za suvo trljanje svi uzorci imali vrednost 3, sem uzorka 1 koji je imao vrednost 2-3. Pri mokrom trljanju svi uzorci su imali vrednost 2-3.

Opšti zaključak bi bio da primena plazma tretmana na uzorke može poboljšati značajne osobine uzoraka u Ink jet štampi kao što su K/S vrednosti što omogućava dobijanje dubljih i življih boja na otisku.

Fang i Zhang (2009) su se i pre bavili istraživanjem uticaja plazma tretmane na poliestarske materijale koji se štampaju Ink jet tehnikom štampe.

Kao podloga se koristio tekstilni materijal sa 100 % poliestarskim sastavom i sa 62 g/m² površinske mase. Tretman plazmom je vršen pomoću ST/RI (Shanghai Textile Research Institute, Shanghai, China), pri čemu je izlagana površina od 25 x 25 cm između dve bakarne elektrode, a ispod njih se nalazila staklena barijera debljine 6 mm.

Proces štampe je izvršen pomoću grafičkog sistema Mimaki JV4-180 digital printer (Mimaki Engineering Co., Ltd, Nagano, Japan) koji je za štampu koristio cijan boju

na bazi pigmenata (Nanocolorants and Digital Printing R&D Centre of Jiangnan University). Odštampani uzorci su izložili tri minuta sušenju pomoću Minni thermo-350 baker (Roaches International Ltd, Dewsbury, UK) pri temperaturi od 120 °C.

Kao i u prethodnom radu i ovde je površina poliestera analizirana pomoću AFM mikroskopa CSPM4000 sa vertikalnom 0,1 nm i horizontalnom rezolucijom mašine 0,2 nm. Korišćen mod za skeniranje je kontakt mod gde je skeniranje postavljeno na veličinu 5 × 5 μm.

Spektrofotometrijska merenja za jačinu boje (K/S), L i C su odrađena pomoću X-Rite Premier 8400 colour measurement system (XRite, Grand Rapids, MI, USA) sa podešavanjima D65 i 10⁰. SEM analiza je izvršena pomoću elektronskog mikroskopa JSM-5610, dok se uzorci analizirani na otpornost na pranje i trljanje pomoću standarda ISO 105-CO6:1997 i ISO 105-X12:1993.

Spektrofotometrijska merenja su pokazala da K/S vrednost i C rastu nakon plazma tretmana, a da je vrednost za L opadala posle plazma tretmana. To znači da se intezitet i zasićenost uzoraka povećavaju dok osvetljenost opada.

SEM analiza uzoraka ukazuje da je tretirana površina pogodnija za primanje boja upravo zbog svoje hrapavosti, te se tako čestice boje ravnomerno raspoređuju po čitavoj površini (Wei i ostali, 2005, Antonio i ostali, 2006, Krump i ostali, 2006).

Dobijeni rezultati su pokazali da će tretman uzorka pre štampe poboljšati njihove kasnije osobine kao što je mogućnost dobijanje većeg broja tonova, a nije zane-marljivo što će se smanjiti vreme absorpcije vode.

Uticaem plazme pri tretmanu tekstilnih materijala bave se i drugi naučnici (Nasadil i Benešovský, 2008). Oni su posmatrali kako će se tretirani i netretirani uzorci ponašati u procesu Ink Jet štampe, te koliko će ti uzorci bitni otporni na procese pranja.

Vreme izlaganja uzoraka plazma tretmanu je bilo 5 s snagom od 400 W. U radu nisu naveli koji grafički sistem je korišćen pri štampi, ali su spomenuli da je podloga bila bela majica sa sirovinskim sastavom od 100 % polipropilena. Pranje uzoraka je izvršeno pomoću Wascator FOM71MPLab prema standardu EN ISO 6330 da bi se nakon toga vizuelno utvrdilo koliko je pranje uticalo na uzorke.

Važno je istaći da su u štampi korišćene dve grupe uzoraka, odnosno tretirani i netretirani uzorci. Tretiranje uzoraka je izvršeno 30 minuta pre štampe.

Na obe vrste uzoraka je odštampana ista test karta. Ona je sadržala različite elemente kao što su slike, tekst, vektori itd.

Nakon štampe, boja na uzorcima je fiksirana 30 sekundi temperaturom od 100 °C.

Otpornost uzoraka na pranje je izmerena nakon pet procesa pranja, pri čemu su uslovi pranja bili sledeći (30 °C, 3 g l-1 ECE deterdženta).

Na osnovu dobijenih rezultata zaključili su da će tretiranje uzoraka uglavnom doneti bolje rezultate u Ink Jet štampi, te će posebnu pažnju u daljim istraživanjima obratiti na ovu pojavu.

Analiza svih ovih istraživanja, pokazala je da je tematika dosta aktuelna, te da su istraživači tražili načine, kako da poboljšaju procesne parametre kako bi dobili što kvalitetniji i postojaniji otisak. Uglavnom su pokušavali sa različitim tretmanima podloge da dođu to tog efekta, a interesantno je da u proučenoj literaturi niko nije pokušao te efekte da dobije povećanjem broja nanosa boje. U ovoj disertaciji, akcenat je stavljen na taj segment, odnosno istraživaće se kako će povećanje broja nanosa boje uticati na otisak u procesu eksploatacije i dalje na njegovu otpornost na svetlost, pranje, toplotu i trljanje.

EKSPERIMENTALNI DEO

Eksperimentalno istraživanje uticaja različitih nanosa boja na kolorimetrijske vrednosti ima značaj kod planiranja, praćenja i naknadne analize otisaka dobijenih štampom na tekstilnim materijalima za zastave.

Kvantifikovanjem pojedinačnih veličina omogućava se predviđanje i kontrolisanje samog procesa te se omogućava dobijanje empirijskih podataka neophodnih za predviđanje ponašanja odštampanih materijala u procesu eksploatacije.

Uticaj vrste podloge na kojoj se štampa kroz njene fizičke karakteristike (sirovinski sastav, površinska masa, gustina tkanja) u kombinaciji sa različitim brojem nanosa procesnih boja neophodno je istražiti kako bi se zaključilo pomoću kojih kombinacije se može postići maksimalan kvalitet otiska.

U eksperimentalnom delu će se ispitivati odštampani uzorci dobijeni tehnikom digitalne Ink jet štampe na tri tekstilna materijala. Kao promenjivi faktor kod štampe uzeće se nanos boje za sve četiri procesne boje te se variralo sa pet nanosa boje. Kako su u eksperimentu postojale tri vrste materijala, četiri procesne boje i pet različitih nanosa boja analiziraće se ukupno 60 uzoraka odštampanih materijala.

Pošto je osnova istraživanja razvoj modela praćenja procesnih parametara štampe tekstilnih materijala, uzorci će se podvrgnuti različitim ispitivanjima kako bi se stekao uvid u njihovo ponašanje u procesu eksploatacije te se iz toga izvukao zaključak o poboljšanju kvaliteta proizvoda.

Odštampani uzorci podvrgnuće se procesima izlaganja veštačkom svetlu i simuliranim vremenskim uslovima, pranja, toplotnog dejstva i trljanja. Zbog potrebe za što većim brojem podataka neophodnih za dalja istraživanja uzorci će se analizirati spektrofotometrijski korišćenjem uređaja HP 200 i Spectro Dens i vizuelno na osnovu standarda predviđenih za odgovarajuće ispitivanje.

Pored toga izvršiće se SEM mikroskopska analiza površina kako bi se dobila kvalitativna analiza površina svih materijala podvrgnutih ispitivanim uticajima.

Nakon prikupljanja svih izmerenih i izračunatih vrednosti uradiće se statističke analize dobijenih rezultata u cilju potvrđivanja hipoteza.

7.0. UREĐAJI, METODE I MATERIJALI

U ovom poglavlju izvršena je karakterizacija svih uređaja, metoda i materijala korišćenih u eksperimentalnom delu.

7.1. Karakteristike uređaja za štampanje otisaka

Svi uzorci štampani su pri istim proizvodnim uslovima korišćenjem štamparskog sistema Mimaki JV 22 - 160 (slika 7.1.1). Karakteristike štamparskog sistema date su u tabeli 7.1.1.



Slika 7.1.1. Štamparski sistem Mimaki JV 22 - 160

Tabela 7.1.1. Tehnička specifikacija štamparskog sistema Mimaki JV 22 – 160

Mimaki JV 22 - 160		
Glava za štampanje	Metod	Piezo električni kap po zahtevu ink jet
	Specifikacija	4 glave za štampanje poredane u liniju
	Mlaznice	360 mlaznica po boji (četiri boje)/ 180 mlaznica po boji (šest boja)
	Rezolucija	360, 540, 720 i 1440 dpi
Širina podloge	Maksimum	1620 mm
	Minimum	210 mm
Podešavanje visine glave za štampanje		Nisko područje (1,5/2,5 mm) ili Visoko područje (3,5/4,5 mm)
Sečenje podloge		Sečenje u pravcu Y ose uz pomoć noža Preciznost sečenja (koraci): 0,5 mm ili manji

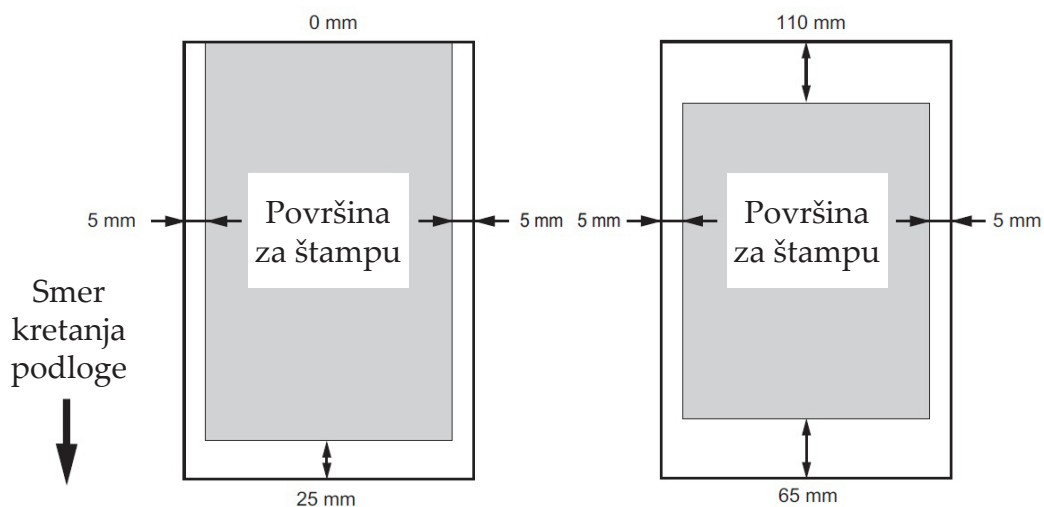
Podloge koje se mogu štampati na mašini mogu biti u obliku rolne ili tabaka. Prema sastavu mogu da se dele na:

- Sjajne materijale: - PET sjajni materijali,
- Fotografski papir,
- Sjajni PVC, itd.
- Mat materijale: - Mat PVC,
- Tarpaulin,
- Različiti mat filmovi
- Tekstil: - Slabozapaljivi tekstili
- Ostalo: - Artwork filmove,
- Kanvas platna,
- Voodootporne oleofilne filmove...

Veličina formata materijala koji se štampa može da varira i data je u granicama koje je propisao proizvođač. U tabeli 7.1.2 dat je prikaz karakteristika podloga koje mogu biti štampane na štamparskom sistemu Mimaki JV 22 - 160, dok je na slici 7.1.2 šematski predstavljen izgled efektivne površine za štampe (slika 7.1.2 a, štampa na podlogu iz rolne, slika 7.1.2 b, štampa na podlogu iz tabaka).

Tabela 7.1.2. Tabelarni prikaz karakteristika podloga koje mogu biti štampane na štamparskom sistemu Mimaki JV22 – 160

Vrsta podloge	Karakteristike
Podloga iz rolne	Širina rolne: maksimum 1620 mm, minimum 210 mm
	Širina štampe: 1610 mm
	Debljina podloge: 1,0 mm ili manje
	Spoljni prečnik rolne: Ø 180 mm ili manji
	Masa rolne: maksimalna 25 kg
	Unutrašnji prečnik rolne: 2 ili 3 inča
	Krajnji tretman rolne: Slabo adhezivna traka se koristi da bi se lakše izvukao papir iz jezgra
	Odštampana površina: okrenuta licem prema napolju
Tabačna podloga	Širina tabaka: maksimum 1620 mm, minimum 210 mm
	Širina štampe: 1600 mm



Slika 7.1.2. Šematski prikaz efektivne površine za štampu:
a) štampa na podlogu iz rolne, b) štampa na podlogu iz tabaka

7.2. Karakteristike komore za sušenje otisaka

Kao što je i predviđeno, nakon procesa štampe kako bi se ubrzalo sušenje i fiksirala boja na materijalu otisak je prošao kroz komoru za sušenje.

U ovom slučaju u pitanju je komora za sušenje Tunnel 160 (slika 7.2.1) beogradskog proizvođača Sitotehnika. Njene karakteristike predstavljene su u tabeli 7.2.1.

Tabela 7.2.1. Tehničke karakteristike komore za sušenje

Komora za sušenje Tunnel 160	
Tip	TS - 160
Fizičke dimenzije (cm)	180 x 300 x 140
Radna veličina (cm)	< 160
Radna veličina komore (cm)	160 x 100
Neto masa (kg)	250
Grejač (pločasti)	9,9Kw (dve grupe)
Ventilator za odvod isparenja	10w – 1 kom
Motor	12V/30W tip NB103 – 1 kom za pokretanje teflonske trake
Motor za mešanje toplog vazduha	“ELCO” 10W – 6 kom
MOGUĆNOSTI PODEŠAVANJA: stopa na postolju, brzina trake, temperatura	



Slika 7.2.1. Komora za sušenje Tunnel 160

7.3. Karakteristike podloga korišćenih za štampu

Od svih mogućih materijala, prirodnog i veštačkog porekla u štampi zastava najviše se koristi poliester. On ima specifične karakteristike kao što su izdržljivost i otpornost (Zhang i Fang, 2009) što mu u startu daje komparativne prednosti u odnosu na druge materijale. Veoma često je moguće naći i njegove mešavine sa drugim materijalima pri čemu se njegovim učešćem poboljšavaju svojstva materijala kojima se dodaje.

Činjenica je da i poliester može da se razlikuje po površinskoj masi ili po gustini pletenja (broj redova po dužini i broj petlji po širini).

Upravo zbog toga, u ispitivanju su korišćene tri različite vrste tekstilnih materijala sa 100 % poliestra. Kako bi se utvrdila njihova specifična svojstva analiza je izvršena u laboratoriji Profi Lab, Zemun.

Ta svojstva su predstavljena u tabeli 7.3.1, pri čemu su kao referentna dokumenta korišćeni srpski standardi.

Tabela 7.3.1. Rezultati ispitivanja tekstilnih materijala korišćenih u eksperimentu

R. b.	Elementi ispitivanja	Metoda ispitivanja	Jed. mere	Dobijene vrednosti
Tekstilni materijal za zastave - uzorak 1				
1.	Površinska masa	SRPS F. S2.016	g/m ²	110.6
2.	Gustina pletenja	SRPS F. S2.013	p/10 cm	
Broj redova po dužini				260
Broj petlji po širini				120

R. b.	Elementi ispitivanja	Metoda ispitivanja	Jed. mere	Dobijene vrednosti
3.	Sirovinski sastav	SRPS F. S3.112	%	
poliester				100
Tekstilni materijal za zastave - uzorak 2				
1.	Površinska masa	SRPS F. S2.016	g/m ²	101.5
2.	Gustina pletenja	SRPS F. S2.013	p/10 cm	
Broj redova po dužini				160
Broj petlji po širini				100
3.	Sirovinski sastav	SRPS F. S3.112	%	
poliester				100
Tekstilni materijal za zastave - uzorak 3				
1.	Površinska masa	SRPS F. S2.016	g/m ²	141.3
2.	Gustina pletenja	SRPS F. S2.013	p/10 cm	
Broj redova po dužini				260
Broj petlji po širini				120
3.	Sirovinski sastav	SRPS F. S3.112	%	
poliester				100

7.4. Karakteristike boja korišćenih za štampu

Za štampu na tekstilnim materijalima korišćene su J-ECO Print NANO NP-60 boje i to četiri procesne: cijan, magenta, žuta i crna. Te boje su specijalno napravljene za upotrebu na digitalnim štamparskim sistemima sa piezo glavom. Isključivo se koristi za štampu na poliesterskim materijalima ili na materijalima koji sadrže minimum 60 % poliestra.

Prema proizvođaču vizuelne ocene za otpornost otisaka odštampanih ovim bojama date su u tabeli 7.4.1.

Tabela 7.4.1. Vrednosti vizuelnih ocena za otpornost otisaka odštampanih J-ECO Print Nano bojama

Oznaka boje	Boja	Postojanost na svetlost	Otpornost na pranje	Alkalna isparenja
100C	Cijan	5-6	4-5	4-5
102B	Plava	5-6	4-5	5
200M	Magenta	6-7	4-5	5

Oznaka boje	Boja	Postojanost na svetlost	Otpornost na pranje	Alkalna isparenja
203O	Narandžasta	5-6	4-5	4-5
205EM	Ekstra magenta	6-7	4-5	5
300Y	Žuta	6-7	4-5	4-5
400K	Crna	6	4-5	4-5
405AK	Apsolutna crna	5-6	4-5	4-5
403KX	Ekstra crna	6	4-5	5

7.5. Metoda izrade otiska

Pre procesa štampe razvijena je odgovarajuća test karta (slika 7.5.1) veličine 150 x 10 cm. Test karta se sastojala iz četiri polja veličine 35 x 10 cm sa sledećim vrednostima: prvo polje – 100 % cijan, drugo polje – 100 % magenta, treće polje – 100 % žuta i četvrto polje – 100 % crna. Ove četiri procesne boje su izabrene zbog toga što se sve ostale boje mogu dobiti njihovom mešavinom u određenom procentu. Na osnovu saznanja dobijenih ispitivanjem četiri procesne boje mogli bi da se dobiju obrasci ponašanja ostalih boja.



Slika 7.5.1. Test karta korišćena u eksperimentu

Nakon pripreme odgovarajuće test karte prešlo se na podešavanje i pripremu štamparskog sistema Mimaki JV 22 - 160 što je urađeno prema preporukama proizvođača.

Pošto štamparski sistem Mimaki JV 22 – 160 pruža mogućnost štampe u više prolaza odjednom, ta mogućnost je iskorišćena te se test karta štampala sa pet različitih nanosa boje.

Tokom trajanja izrade uzoraka varijabilni faktori u pogledu rada mašine su održavani u preporučenim granicama.

Pošto je menjana podloga postupak se ponovio više puta, a nakon izrade otisaka, oni su podvrgnuti procesu sušenja u komori za sušenje Tunel 160. Svi uzorci su sušeni toplotnim dejstvom od 130 °C dok je vreme prolaska otiska kroz sušaru iznosilo 180 sekundi.

7.6. Metoda uzorkovanja i merenja

Nakon odabira otisaka koji zadovoljavaju standardne parametre svih kombinacija (različite podloge, procesne boje, različiti nanosi istih boja) odabrano je po 60 uzoraka na kojima su ispitivani različiti uticaji u procesu eksploatacije.

Uzorci koji su podvrgnuti procesima izlaganja svetlosti, pranja i trljanja ispitivani su u Laboratoriji Fakulteta prirodnih nauka i inženjerstva u Ljubljani, Slovenija, dok su uzorci koji su podvrgnuti toplotnom dejstvu analizirani u Profi Lab laboratoriji u Zemunu.

Vrednosti boja su merene i spektrofotometrijski korišćenjem uređaja Spectro Dens i HP 200 u laboratoriji Grafičkog inženjerstva i dizajna na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

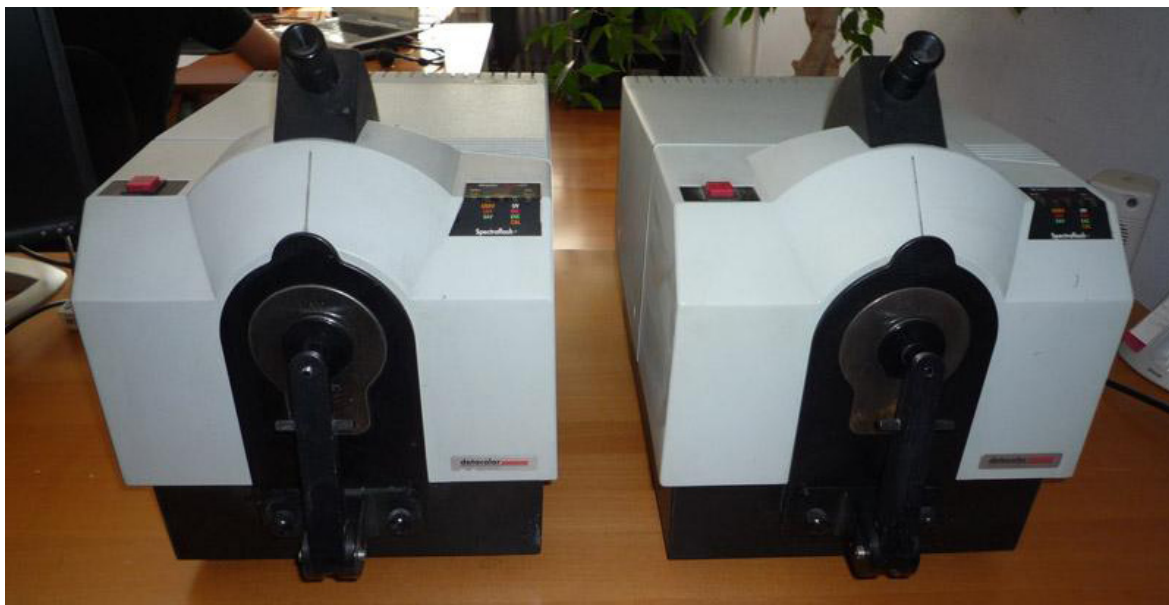
Površinske promene na analiziranim uzorcima praćene su mikroskopskom SEM analizom na Univerzitetском centru za elektronsku mikroskopiju, Novi Sad.

Za sva laboratorijska merenja uzorci su bili označeni i pravilno pripremljeni prema specifikacijama za merenje. Radi preciznijih rezultata mereno je više uzoraka sa ponavljanjem na pojedinačnim uzorcima i za vrednosti su uzete aritmetičke sredine deset puta izmerenih numeričkih vrednosti.

Konkretna podešavanja mernih instrumenata su data u pregledu rezultata merenja.

7.7. Uređaj za merenje spektrofotometrijskih vrednosti

Vrednosti reflektanse odštampanih uzoraka izmerene su korišćenjem spektrofotometra Datacolor Spectraflash SF 600 ® PLUS -CT (slika 7.7.1) sa osvetljenjem D65 i standardnim uglom posmatranja od 10^0 (merna geometrija d/8). Merna površina bila je 16 mm, a pomoću njega su određene CIE L^* , a^* , b^* , C^* i h^0 koordinate boje i odgovarajuće K/S vrednosti uzoraka λ vrednosti pri maksimalnoj absorpciji.



Slika 7.7.1. Merni uređaj Spektrofotometar Datacolor Spectraflash SF 600 ® PLUS -CT

Tehničke karakteristike ovog uređaja date su u tabeli 7.7.1.

Tabela 7.7.1. Tehničke karakteristike spektrofotometra Datacolor Spectraflash SF 600® PLUS -CT

Tehničke karakteristike	
Tip spektrofotometra	Dual-beam spektrofotometar
Geometrija merenja	difuzno osvetljenje i 8°
Izvor svetla	Ksenonski filter da bi se približio osvetljenju od D65
Prečnik oblasti	152 mm / 6.0 in
Talasne dužine	360 nm - 700 nm sa međukoracima od 5 do 10 nm

7.8. Uređaj za merenje hromatskih vrednosti

Za određivanje hromatskih vrednosti (spektralne krive refleksije) korišćen je SpectroDens refleksioni spektrofotometar (slika 7.8.1). Pomoću njega izmereni su uzorci nakon štampe, te nakon svakog uticajnog faktora kojem su uzorci bili izloženi. Tehničke karakteristike ovog uređaja su date u tabeli 7.8.1.

Tabela 7.8.1. Tehničke karakteristike refleksionog spektrofotometra SpectroDens

Tehničke karakteristike	
Geometrija merenja	0/45° optika prema DIN 5033
Spektralni opseg	od 400 do 700 nm sa međukoracima od 10 nm
Veličina mernog otvora	3 mm standardnog kružnog oblika opciono: 1,5 x 1,5 mm, 2,5 x 1 mm, 3 mm kružni sa UV-Cut filterom
Izvor svetla	Lampa sa plemenitim gasom, tip A iluminanta
Polarizacioni filter	Dvostruko ukršten, Uključivanje i isključivanje po potrebi
Iluminanti / Standardni posmatrač	A, C, D50, D65 / 2°, 10°
Filteri za optičku gustinu	DIN 16536, DIN 16536 NB, ISO/ANSI T, ISO/ANSI I, ISO E, Dmax
Ponovljivost	0,01 D 0,03 CIE ΔEab
Međuinstrumentalno podudaranje	0,01 D 0,3 CIE ΔEab



Slika 7.8.1. Merni uređaj refleksioni spektrofotometar SpectroDens

7.9. Uređaj za merenje spektrofotometrijskih vrednosti

Reflektansne vrednosti uzoraka izmerene su nakon štampe, te nakon svakog uticajnog faktora kojem su uzorci bili izloženi korišćenjem spektrofotometra HP 200 (slika 7.9.1) sa osvetljenjem D65 i standardnim uglom posmatranja od 10° (merna geometrija d/8). Pomoću njega su određene vrednosti za ΔE u odnosu na uzorak nakon štampe.

Tehničke karakteristike ovog uređaja su date u tabeli 7.9.1.

Tabela 7.9.1. Tehničke karakteristike spektrofotometra HP 200

Tehničke karakteristike	
Geometrija merenja	d/8 difuzno osvetljenje i 8°
Iluminanti / Standardni posmatrač	D65, D50, F11 / 10°
Prikaz	L, a, b, ΔL , Δa , Δb and ΔE / L, c, h
Test Caliber	$\varnothing 8$ mm



Slika 7.9.1. Merni uređaj Spektrofotometar HP 200

7.10. Uređaj za simuliranje uticaja svetlosti i simuliranih vremenskih uslova na materijal

Xenon test Alpha je korišćeni instrument za simuliranje uticaja svetlosti i simuliranih vremenskih uslova na materijal (slika 7.10.1).



Slika 7.10.1. Uređaj Xenon test Alpha +

Ovaj uređaj omogućava da se uzorci izlože tačno određenim uslovima (temperatura, osvetljenost, relativna vlažnost) kako bi se videlo ponašanje materijala pod tim simuliranih uslova.

Svetlosni izvor je vazdušno hlađena ksenonska svetiljka sa mogućnosti podešavanja snage (0.8-2.5 kVA) i raširenim opsegom talasnih dužina od 300-400 nm.

Sa upotrebom određenih filtera je moguće ilustrovati delovanje sunčeve svetlosti bilo da je reč o spoljašnosti ili o uticaju iza prozorskog stakla. Testirana površina iznosi 1200 cm² dok uređaj poseduje deo za 11 različitih uzoraka sa mogućnosti rotacije.

Temperatura u komori je varijabilna i može iznositi od 30 do 70 °C, a relativna vlažnost vazduha od 10-95%. Uređajem se upravlja preko konzole koja kontroliše mikroprocesor koji nudi 10 različitih vrsta programa. Takođe, treba istaći da uređaj poseduje senzor za nadzor delovanja svetla i temperature koji se nalazi u nivou uzoraka kao i stacionarni senzor koji je zadužen za merenje temperature i relativne vlažnosti u komori. Sistem za vlažnost povezan je sa ugrađenim vodenim rezervoarom zapremine 70 l. Instrument je verifikovan za korišćenje na papiru, tekstilu i plastici, te prati standarde (SIST ISO 105-B02, SIST ISO 105-B04, SIST ISO 105-B06, SIST ISO 12040, ISO 4892, ISO 11341).

7.11. Uređaj za simuliranje procesa pranja

Uređaj Laundry-Ometer®, britanskog proizvođača SDL Atlas (slika 7.11.1) služi za izvođenje testova u oblastima pranja, bojenja, hemijskog čišćenja, postojanosti boja i njihove otpornosti na deterdžente i ostala sredstva na temperaturama do 95°C. Poseduje rotor od nerđajućeg čelika koji ima mogućnost da drži pet kontejnera namenjenih za uzorke i rotira ih konstantnom brzinom od 40 (±2) obrtaja u minuti.

Kontejneri imaju mogućnosti zagrevanja do određene temperature propisane zadatim standardom dok kuglice od nerđajućeg čelika imaju zadatak da simuliraju mehanička delovanja unutar kontejnera za uzorke.

Kontejneri za uzorke zaptiveni su neoprenskom gumom ili teflonom. Uređaj poseduje digitalni merač vremena sa opcijom automatskog gašenja i audio upozorenje. Konstantna temperatura unutar kade dobija se uz pomoć više metalnih grejača od nerđajućeg čelika koji omogućavaju porast temperature od 2 °C po minuti. Temperatura u kadi se konstantno prati i održava uz pomoć električnog termostata.

Masa ove test komore je 135 kg, dok su dimenzije (širina x dužina x visina) 117 x 64,5 x 117 cm.



Slika 7.11.1. Uređaj Laundry-Ometer®

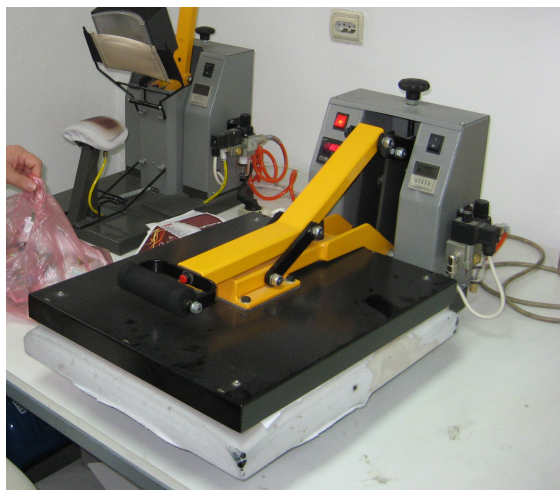
7.12. Uređaj za toplotno dejstvo na odštampanu podlogu

Kao uređaj za toplotno dejstvo na odštampanu podlogu prema preporukama u odgovarajućem standardu, korišćena je klasična industrijska pegla Quick Tech 45 (slika 7.12.1). Vreme toplotnog dejstva i njegova vrednost je određena standardom.

Tehničke karakteristike ovog uređaja su predstavljene u tabeli 7.12.1.

Tabela 7.12.1. Tehničke karakteristike uređaja za toplotno dejstvo na podlogu Quixk Tech 45

Tehničke karakteristike	
Napon	220V/110V
Snaga	2000 W
Radna površina	380 x 380 mm
Dimenzije	725 x 440 x 390 mm
Podešavanja	Merenje vremena, podešavanje temperature



Slika 7.12.1. Quick Tech 45

7.13. Uređaj za termovizijsku analizu toplotnog dejstva

Kako bi se utvrdila tačnost temperaturnog dejstva, termovizijski je ispitan grejni element kojim se delovao na odgovarajuću podlogu. Pomoću infra crvene kamere kamere FLIR - tip P65 (slika 7.13.1) utvrđena je tačna temperatura toplotnog dejstva. Tehničke karakteristike ovog uređaja predstavljene su u tabeli 7.13.1.

Tabela 7.13.1. Tehničke karakteristike uređaja za termovizijsku analizu FLIR - tip P65

Tehničke karakteristike	
Polje vidljivosti/minimalno fokusirano	190 x 140 /0.3 m
Rezolucija standarda	320 x 240 piksela JPEG standard
Termalna osetljivost na 50/60 Hz:	0.05 °C na 30 °C
Spektralni opseg	7.5 do 13 μm
Radni temperaturni opseg	Opseg 1 : - 40 °C do 120 °C Opseg 2 : 0 °C do 500 °C



Slika 7.13.1. Termovizijska kamera FLIR - tip P65

7.14. Uređaj za mikroskopsku analizu uzoraka

Kao uređaj za mikroskopsku analizu korišćen je SEM mikroskop JSM 6460 LV (slika 7.14.1) čije su karakteristike predstavljene u tabeli 7.14.1.

Tabela 7.14.1. Tehničke karakteristike SEM mikroskopa JSM 6460 LV

Tehničke karakteristike	
Proizvođač	YEOL – Yapanese Electrical Optical Laboratory
Model	JSM 6460 LV
Ubrzanje	20 kV
Distanca	10 mm
Način pribavljanja slike	Sekundarna emisija elektrona



Slika 7.14.1. Mikroskop JSM 6460 LV

Uzorci materijala koji se snimaju SEM-om moraju biti električno i termalno provodljivi da bi se smanjila ili u potpunosti uklonila količina naelektrisanja koja se skladišti na površini neprovodljivog materijala. Naelektrisanje površine najčešće rezultuje dobijanjem nečitkih i neispravnih slika. Primarni zrak takođe može uzrokovati i termalno oštećenje što može dovesti do degradacije i pucanja uzorka. Da bi površina uzorka postala provodljiva ona se modifikuje nanošanjem tankog filma provodljivog materijala debljine oko 20 nm. Idealan film bi trebao biti iste debljine po celoj površini uzorka nezavisno od topografije površine, te ne bi smeo uticati na hemijski sastav uzorka. Postupci hemijskog taloženja metala se retko koriste, jer uranjanjem uzorka u rastvor sa većom ili manjom pH vrednošću može doći do promene u hemijskim svojstvima i topografiji uzorka. Za oslojavanje poroznih nevodljivih materijala najčešće se primenjuje termalna evaporacija (isparavanje) i neparivanje tankim slojem metala ili metalnih jona.

Za potrebe ovih istraživanja uzorci su se oslojavali neparivanjem tankim slojem zlata (Au). Pre postupka neparivanja, površina uzorka mora biti izrazito čista i neo-

štećena. Rezanjem uzoraka na određenu veličinu sledi čišćenje površine u rastvoru metanola koji uklanja sve nečistoće sa površine. Uzorci se zatim mehanički učvršćuju za stalak i to najčešće dvostruko lepljivom provodljivom trakom.

Uzorci su pripremani u Bal-Tec SCD 005 (slika 7.14.2) uređaju sa sledećim karakteristikama (tabela 7.14.2).

Tabela 7.14.2. Tehničke karakteristike uređaja Bal-Tec SCD 005

Tehničke karakteristike	
Proizvođač	Bal-Tec
Model	SCD 005
Distanca	50 mm
Struja	30 mA za 90 sekundi



Slika 7.14.2. Bal-Tec SCD 005

8.0. REZULTATI MERENJA

U ovom poglavlju predstavljani su dobijeni rezultati. Rezultati predstavljaju više vrsta merenja odštampanih uzoraka, kao i praćenje njihovih promena pri izlaganju različitim uticajima.

8.1. Rezultati merenja spektrofotometrijskih vrednosti uzoraka

Nakon procesa štampe analizirani su odštampani uzorci. Izmerene vrednosti su dobijene korišćenjem spektrofotometra Datacolor Spectraflash SF 600 PLUS-CT pri osvetljenju D65 i standardnim uglom posmatrača od 10^0 . Merna površina je iznosila 16 mm (merna geometrija d/8). Kao referentana vrednost uzeta je srednja vrednost 10 uzastopnih merenja, a određene su CIE L^* , a^* , b^* , C^* i h^0 koordinate boje i odgovarajuće K/S vrednosti uzoraka λ vrednosti pri maksimalnoj absorpciji.

Spektralne krive za sve uzorke su određene pomoću uređaja Spectro Dens. Ugao posmatranja je bio 2^0 pri osvetljenju D50 (merna geometrija $0^0/45^0$).

8.1.1. Merenje K/S vrednosti

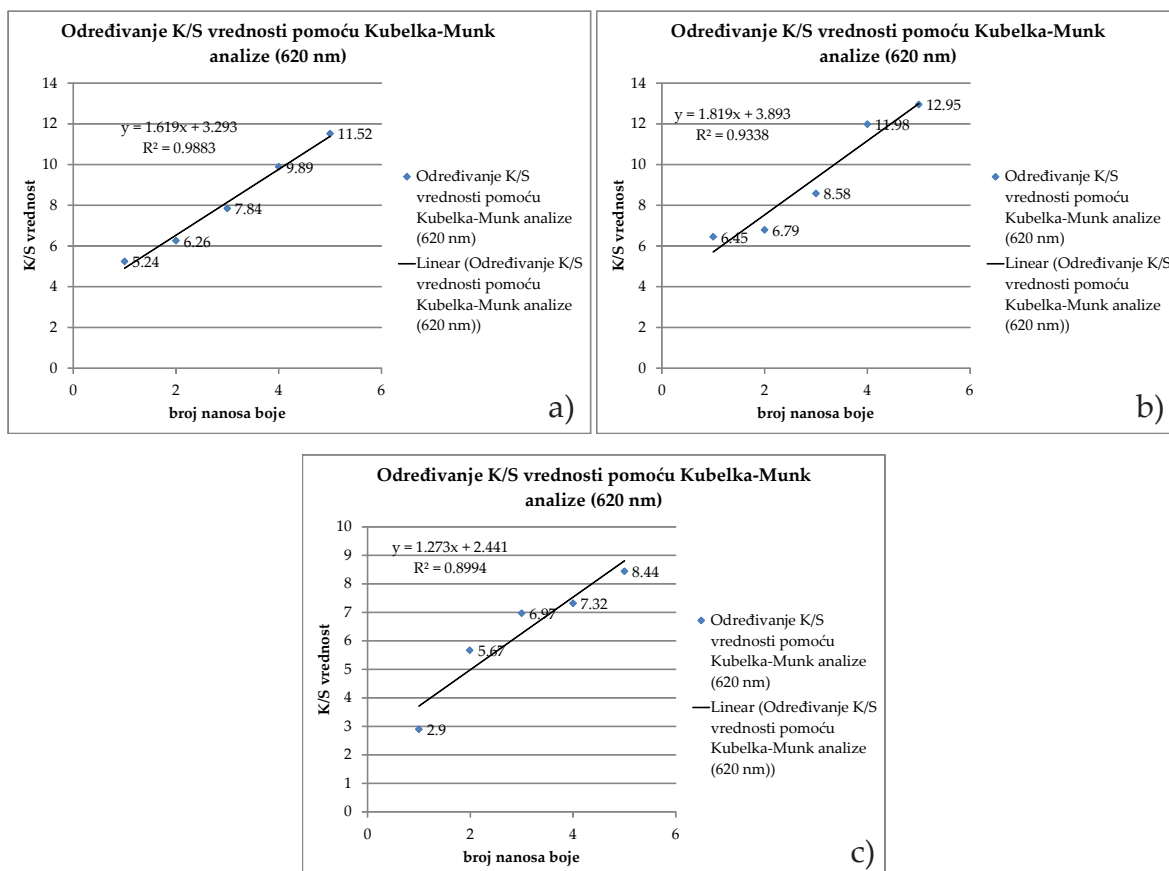
Merenja K/S vrednosti predstavljena su u nastavku. Radi lakšeg poređenja K/S vrednosti su određivane prema svakoj procesnoj boji, te su tako u prvoj analizi određene K/S vrednosti za sve materijale koji su odštampani cijan bojom.

Prvobitno su određene K/S vrednost za uzorke odštampane na materijalu 1 (slika 8.1.1.1 a). Sa slike se vidi da sa svakim novim nanosom boje raste vrednost K/S. Analizom dobijenih K/S vrednosti za cijan boju pri povećanju broja nanosa boje uočava se velika vrednost faktora determinacije $R^2 = 0,9883$ kao i da se ova funkcija ponaša slično linearnoj. Najveća vrednost za K/S je zabeležena kod uzorka odštampanog sa pet nanosa boje i iznosila je 11,52, a najmanja kod uzorka odštampanog sa jednim nanosom boje (5,24). Ostale vrednosti su u rasponu između te dve i na osnovu tih vrednosti može se istaći da postoji zavisnost između povećanja broja nanosa boje i povećanja K/S vrednosti kada je u pitanju štampa cijan bojom na materijal 1.

Nakon analize uzoraka odštampanih na materijalu 1, istim postupkom izvršena je analiza uzoraka koji su odštampani na materijalu 2. Analiza uzoraka odštampanih cijan bojom (slika 8.1.1.1 b) pokazala je da povećanjem broja nanosa boje raste vrednost za K/S. Srednja izmerena vrednost za uzorak sa jednim nanosom boje iznosila je 6,45 i ona je bila najmanja. Povećanjem broja nanosa boje raste vrednost za K/S, da bi se najveća vrednost zabeležila kod uzorka odštampanog sa pet nanosa boje. Ta vrednost iznosila je 12,95. Porast tih vrednosti može se predstaviti linearnom funkcijom sa veoma visokom vrednošću faktora determinacije $R^2 = 0,9338$.

Istom metodologijom odrađene su i analize uzoraka odštampanih na materijalu 3. Analiza uzoraka odštampanih cijan bojom (slika 8.1.1.1 c) pokazala je da veći broj nanosa boje linearnom funkcijom povećava K/S vrednosti ($R^2 = 0,899$). Maksimalna vrednost za K/S je iznosila 8,44 i dobijena je merenjima na uzorku odštampanom sa

pet nanosa boje. Najmanja vrednost za K/S izmerena je na uzorku odštampanom sa jednim nanosom boje i iznosila je 2,9.



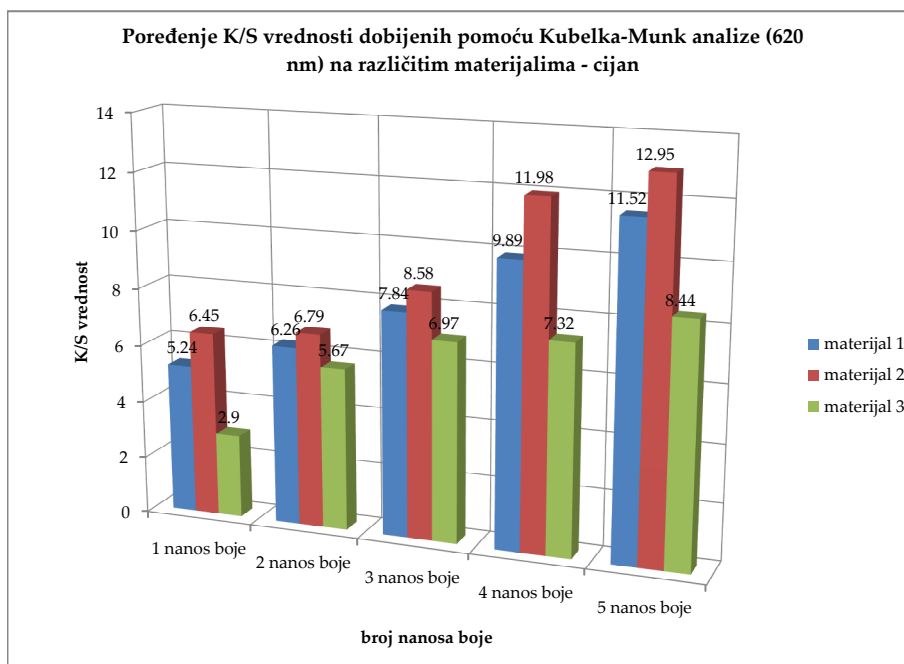
Slika 8.1.1.1. Određivanje K/S vrednosti pomoću Kubelka-Munk analize za cijan boju: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Ukoliko se uporede dobijene K/S vrednosti štampom cijan bojom može se uočiti da su najveće vrednosti ostvarene pri štampi na materijal 2 (slika 8.1.1.2). Taj materijal je imao najmanju površinsku masu i gustinu pletenja. Materijal 1 je imao nešto veću površinsku masu i gustine pletenja, a izmerene K/S vrednosti su bile manje od vrednosti dobijenih istim brojem nanosa boje na materijalu 2. Najmanje K/S vrednosti je imao materijal 3 koji ima najveću površinsku masu i gustinu pletenja. Na osnovu ovih rezultata može se istaći da se pri štampi cijan bojom odabirom tekstilnog materijala sa manjom površinskom masom i gustinom pletenja može dodatno uticati na povećanje K/S vrednosti.

I ako se veliki broj autora bavi istraživanjem K/S vrednosti u veoma malom broju eksperimenata je merena ta vrednost samo za cijan boju. Zhang i Fang (2009, 2011) su se možda bavili najdetaljnije tom problematikom, ali je njihov pristup istraživanjima bio okrenut ka plazma tretmanima površina pre štampe.

Mada u eksperimentima nisu koristili materijal sa istim površinskim masama i gustinama pletenja, metodologija je bila slična. Ink Jet štampom su dobili otiske na tretiranim i netretiranim materijalima i ostvarili su povećanje K/S vrednosti. Njihove izmerene vrednosti su bile značajno niže tj. maksimalna vrednost za K/S

u njihovim radovima je iznosila 8 što se ovde dobilo kod materijala 2 pri štampi sa tri nanosa boje. Vrednost $K/S > 8$ kod materijala 1 je dobijena pri štampi sa četiri, a kod materijala 3 pri štampi sa pet nanosa boje. Takođe je interesantno primetiti da je K/S vrednost za netretiran uzorak iznosila oko 6 što je veće od početnih K/S vrednosti materijala 1 i 3. Taj rezultat je posledica korišćenja poliestarskog materijala manje površinske mase. Na osnovu njihovih rezultata pretpostavka je da bi se korišćenim tretiranih uzoraka u ovom eksperimentu mogle dobiti još veće vrednosti za K/S .

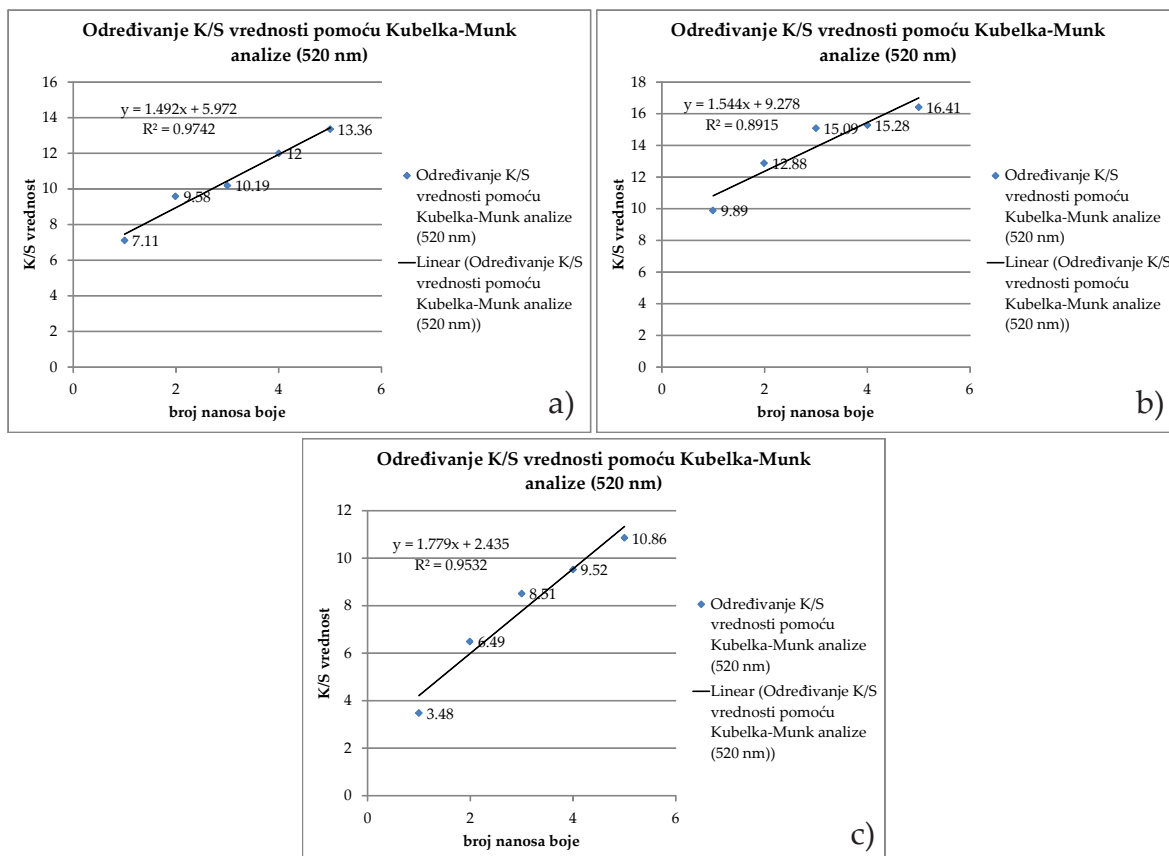


Slika 8.1.1.2. Poređenje K/S vrednosti dobijenih štampom na različitim materijalima - cijan

Pri štampi na materijal 1, variranjem broja nanosa magente takođe je nađena zavisnost između povećanja broja nanosa boje i povećanja K/S vrednosti. Najveća vrednost za K/S je i u ovom slučaju bila kod uzorka odštampanog sa pet nanosa boje i iznosila je 13,36. Kod ostalih uzoraka vrednosti su bile manje, a najmanja vrednost je zabeležena kod uzorka sa jednim nanosom boje (7,11). Dobijene vrednosti analiziranih uzoraka, mogu se predstaviti linernom funkcijom sa vrednošću faktora determinacije $R^2 = 0,9742$ (slika 8.1.1.3 a).

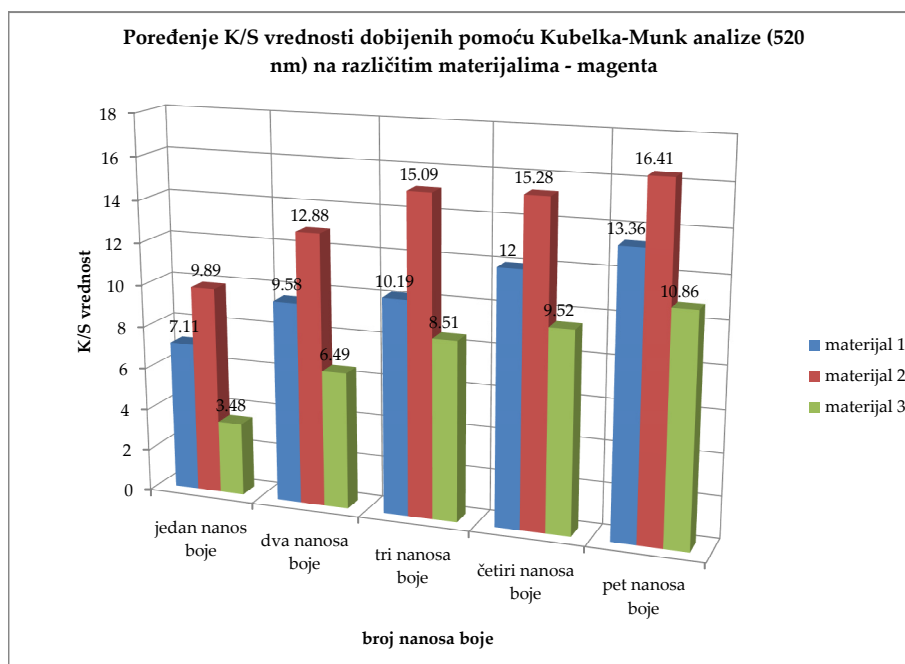
Vrednosti dobijene za uzorke odštampane sa različitim brojem nanosa magente na materijal 2 (slika 8.1.1.3 b) bile su u rasponu od 9,89 do 16,41, te se i ovde može naći linearna zavisnost između povećanja broja nanosa boje i K/S vrednosti. Faktor determinacije je bio visok i iznosio je 0,8915.

Vrednosti dobijene spektrofotometrijskim merenjima za uzorke odštampane sa različitim brojem nanosa magente na materijal 3 (slika 8.1.1.3 c) bile su u rasponu od 3,48 (uzorak odštampan sa jednim nanosom boje) do 10,86 (uzorak odštampan sa pet nanosa boje). Može se zapaziti da povećanje broja nanosa boje pri štampi dovodi do povećanja K/S vrednosti što se može predstaviti linearnom funkcijom sa faktorom determinacije od 0,9532.



Slika 8.1.1.3. Određivanje K/S vrednosti pomoću Kubelka-Munk analize za magenta boju: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Na slici 8.1.1.4 je predstavljeno poređenje K/S vrednosti između uzoraka dobijenih štampom magenta bojom na različitim materijalima.



Slika 8.1.1.4. Poređenje K/S vrednosti dobijenih štampom na različitim materijalima - magenta

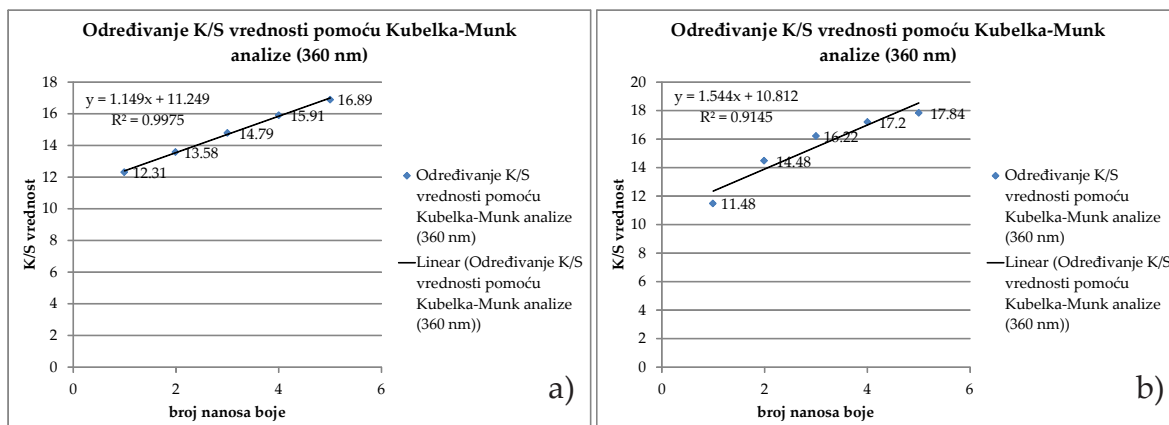
Sličan obrazac ponašanja je ostvaren kao i pri analizi K/S vrednosti za cijan boju, tj. najveće K/S vrednosti su dobijene kod uzoraka koji su odštampani magenta bojom na materijalu 2. Taj materijal kao što je već naglašeno ima najmanju površinsku masu i gustinu pletenja, a najmanje K/S vrednosti su dobijene kod materijala sa najvećom površinskom masom i gustinom pletenja (materijal 3). Očigledno je da se u štampi uzorci dobijeni ovim bojama najsličnije ponašaju te je pri procesu štampe moguće dobiti dobre rezultate ukoliko se ove dve boje kombinuju.

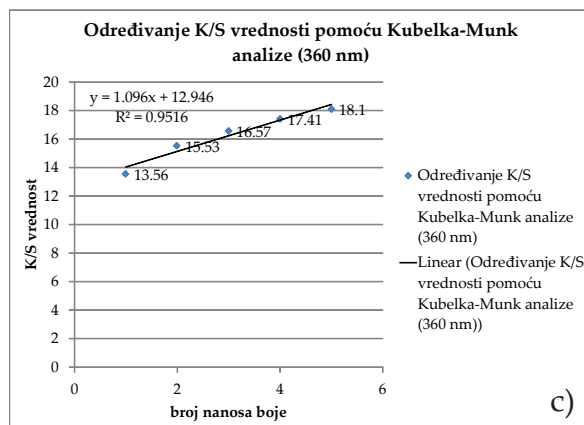
Zhang i Fang, 2011, nisu uspjeli plazma tretmanom uzoraka da poboljšaju značajno K/S vrednosti uzoraka odštampanih magenta bojom. Tako je maksimalna K/S vrednost za magenta boju iznosila 5,5, što je čak i materijal 3 mogao da ostvari štampom sa dva nanosa boje. To ne znači da se veće K/S vrednosti ne bi dobile ukoliko bi se na tim tretiranim uzorcima štampalo sa većim brojem nanosa magente.

Najveća vrednost za faktor determinacije R^2 dobijena je pri analiziranju uzoraka koji su štampani žutom bojom i iznosila je 0,9975, pri čemu je i u ovom slučaju funkcija po svom obliku bila linearna. Praktično posledica povećanja broja nanosa boje pri štampi je povećanje K/S vrednosti (slika 8.1.1.5 a). Vrednosti za K/S su bile u rasponu od 12,31 do 16,89.

K/S vrednosti uzoraka koji su odštampani žutom bojom (slika 8.1.1.5 b) na materijalu 2, imali su vrednosti u rasponu od 11,48 do 17,84. Kao i u prethodnim slučajevima i ovde je nađena zavisnost između povećanja broja nanosa boje i K/S vrednosti. Funkcija je po svom obliku bila linearna, a faktor determinacije je iznosio 0,9145.

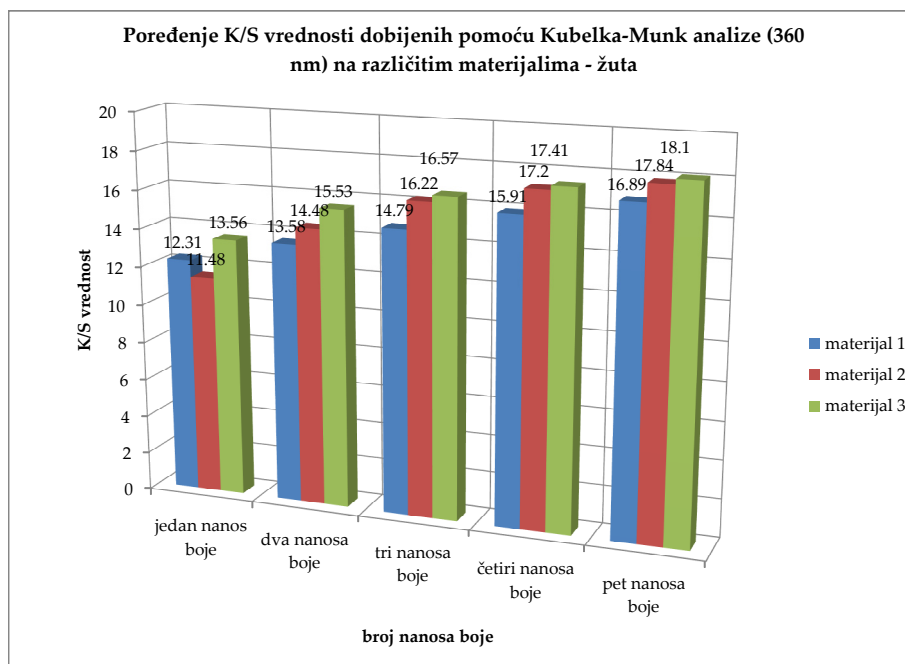
Na slici 8.1.1.5 c predstavljene su vrednosti za K/S dobijene spektrofotometrijskim merenjima za uzorke odštampane sa različitim brojem nanosa žute boje na materijal 3. Te vrednosti su se kretale u rasponu od 13,56 (uzorak odštampan sa jednim nanosom boje) do 18,1 (uzorak odštampan sa pet nanosa boje). Uzorci dobijeni štampom sa dva nanosa boje su imali vrednosti 15,53, dok je kod uzoraka odštampanih sa tri nanosa boje ta vrednosti iznosila 16,57. Povećanje broja nanosa boje pri štampi dovodi do povećanja K/S vrednosti te je na uzorku odštampanom sa četiri nanosa boje opet došlo do povećanja vrednosti i ona je iznosila 17,41.





Slika 8.1.1.5. Određivanje K/S vrednosti pomoću Kubelka-Munk analize za žutu boju: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Poređenje K/S vrednosti uzoraka dobijenih štampom žutom bojom na materijalima 1, 2 i 3 se razlikuje od prethodnih poređenja (slika 8.1.1.6). Tako su najveće K/S vrednosti dobijene pri štampi na materijal 3. Kao što je već naglašeno taj materijal ima najveću površinsku masu i gustinu pletenja što je očigledno najbolje rešenje pri štampi žutom bojom. Približne K/S vrednosti su izmerene na uzorcima koji su dobijeni štampom na materijalu 2, dok su najmanje K/S vrednosti zabeležene pri štampi uzoraka na materijalu 1.



Slika 8.1.1.6. Poređenje K/S vrednosti dobijenih štampom na različitim materijalima - žuta

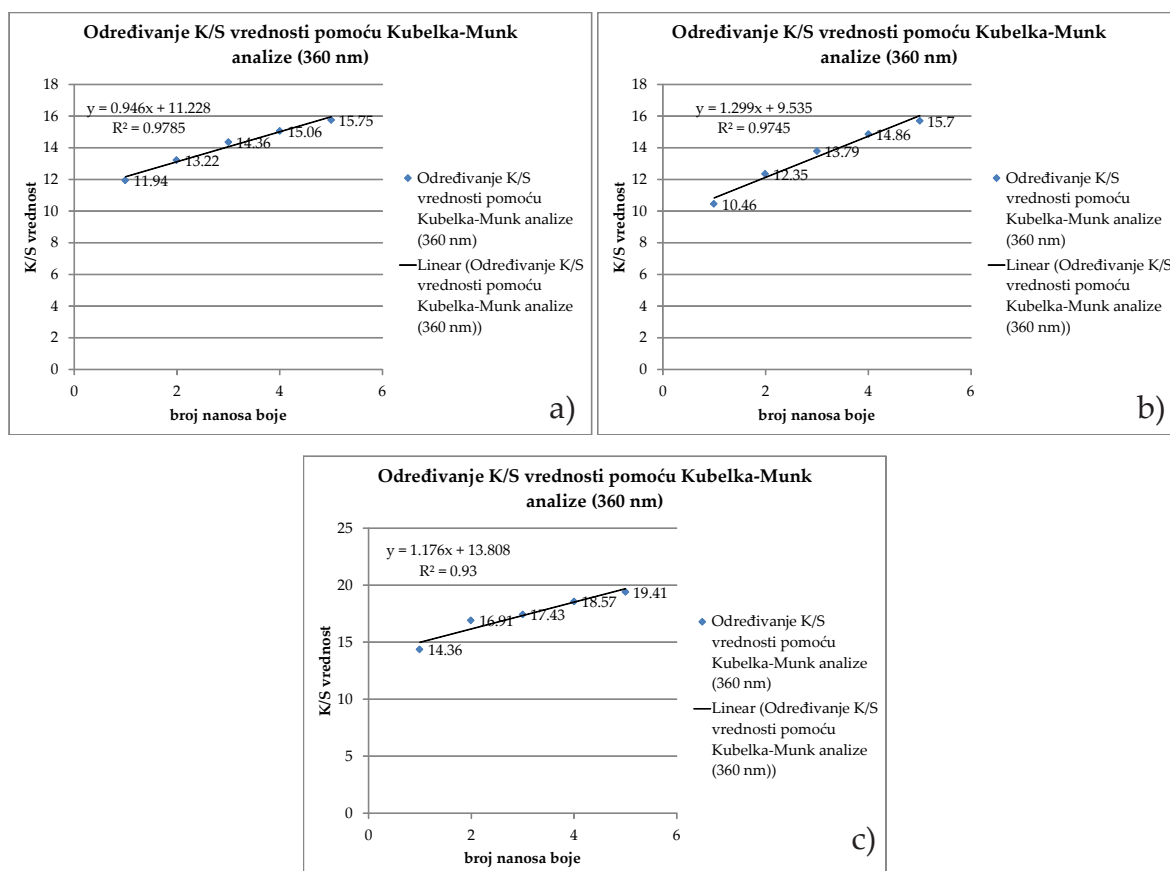
I ako je uočeno da je povećanjem broja nanosa boje pri štampi dovelo do većih K/S vrednosti potrebno je istaći da su bolji rezultati dobijeni ukoliko se podloga tretira plazmom. Tako su Yuen i Kan, 2007 pomoću različitih vremena plazma tretmana uspeali da povećaju početnu K/S vrednost žute boje za 7. Nezgodno je uporediti njihove rezultate sa dobijenim rezultatima u ovom eksperimentu pošto su koristili

drugačiju vrstu tekstilnog materijala (100 % pamuk), ali je činjenica da je plazma tretman na tim uzorcima dao bolji rezultat nego povećanje broja nanosa boje.

Poslednji analizirani uzorci, bili su uzorci koji su odštampani crnom bojom. Kao i u prethodnim analizama i ovde se pokazalo da se povećanje broja nanosa boje povećava vrednost za K/S (od 11,94 - uzorak odštampan sa jednim nanosom boje, do 15,75 - uzorak odštampan sa pet nanosa boje na materijal 1). To povećanje se vrši prema linearnoj funkciji. Faktor determinacije R^2 je visok i iznosi 0,9785 (slika 8.1.1.7 a).

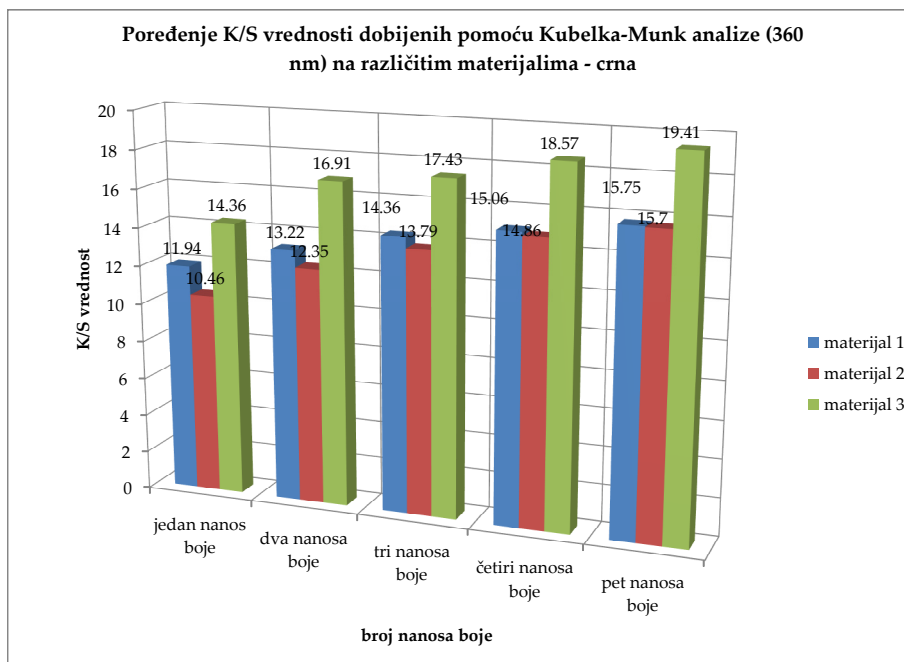
Vrednosti uzoraka odštampanih crnom bojom na materijalu 2 iznosile su od 10,46 (uzorak odštampan sa jednim nanosom boje) do 15,7 (uzorak odštampan sa pet nanosa boje). Veza između K/S i povećanja broja nanosa boje može se predstaviti linearnom funkcijom pri čemu je $R^2 = 0.9745$ (slika 8.1.1.7 b).

Vrednosti za K/S uzorake odštampane crnom bojom na materijal 3 predstavljene su na slici 8.1.1.7 c. Na osnovu te slike može se zaključiti da je povećanje broja nanosa boje u štampi povećalo i vrednosti K/S pri čemu je najmanja vrednost zabeležena pri štampi uzorka sa jednim nanosom boje iznosila je 14.36. Već pri štampi sa dvostrukim nanosom boje je ostvarena vrednost od 16,91. Vrednost 17,43 je izmerena kod uzorka odštampanog sa tri nanosa boja, dok je kod uzorka dobijenog štampom sa četiri nanosa boje ta vrednost iznosila 18,57. Najveća vrednost za K/S izmerena je pri štampi uzorka sa pet nanosa crne boje i iznosila je 19,41.



Slika 8.1.1.7. Određivanje K/S vrednosti pomoću Kubelka-Munk analize za crnu boju: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Uzorci koji su odštampani na materijalu 3 crnom bojom imali su najveće vrednosti, dok su K/S vrednosti uzoraka odštampanih na materijalu 1 i 2 približno iste (slika 8.1.1.8). I ovde se može primetiti da se veće K/S vrednosti dobijaju ukoliko se štampa na materijalima sa većom površinskom masom i gustinom pletenja.



Slika 8.1.1.8. Poređenje K/S vrednosti dobijenih štampom na različitim materijalima - crna

Kao i većina istraživača Bhatti i ostali, 2011 su se takođe bavili tretmanom podloge pre štampe i kako će to uticati na K/S vrednosti crne. Iz njihovog rada se moglo zaključiti da su sa gama tretmanom uspeali da povećaju K/S vrednosti skoro za 100 %. To je značajno više od onoga što se postiglo u ovom eksperimentu jer se ovde može govoriti o povećanju K/S vrednosti od 30 - 50 % (u zavisnosti od materijala).

Dobijeni rezultati su nedvosmisleno pokazali da će povećanje broja nanosa boje pri štampi dovesti do povećanja K/S vrednosti. Vrednosti za K/S se približno linearno povećavaju bez obzira kojom bojom se štampa.

Na osnovu dobijenih rezultata moglo bi se uočiti da povećanje K/S vrednosti može da se postigne sa većim brojem nanosa boje. Ta povećanja nekada nisu velika kao povećanja koja se mogu ostvariti raznim tretmanima podloge, ali je velika prednost što se ovim principom cena otiska neće značajno povećati. Takođe nije zanemarljivo to što se ovim načinom mogu poslužiti sve štamparije.

Bitna stvar je i da se vodi računa o tome na kojoj podlozi će se ostvariti najbolji rezultati, te se i parametri površinske mase i gustine tkanja moraju uzeti u obzir ukoliko se očekuju veće K/S vrednosti.

8.1.2. Određivanje koordinata boja odštampanih uzoraka i vrednosti za ΔE

Nakon određivanja K/S faktora za jačinu boje određene su i CIE L^* , a^* , b^* , C^* i h^0 koordinate boje. U odnosu na uzorke koji su pokazali najveće vrednosti za K/S određena je i razlika boja $\Delta E_{a,b}$.

U tabeli 8.1.2.1, predstavljene su vrednosti koje su dobijene za uzorke koji su na materijalu 1 odštampani cijan bojom sa različitim brojem nanosa boje.

Tabela 8.1.2.1. Određivanje vrednosti za uzorke odštampane cijan bojom (materijal 1)

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b	CIE C	CIE h	$\Delta E_{a,b}$
1-1C	48.29	-7.29	-31.13	31.97	256.82	16.74
1-2C	43.78	-6.09	-27.7	28.36	257.6	11.1
1-3C	39.94	-5.82	-25.95	26.6	257.36	6.9
1-4C	36.15	-5.29	-24.75	25.31	257.94	2.89
1-5C	33.5	-4.72	-23.74	24.2	258.77	-

Iz tabele se može videti da povećanja broja nanosa boje pri štampi dovodi do smanjenja svetline. Kada se uzmu u obzir svi parametri na osnovu ovih vrednosti u odnosu na uzorak koji je imao najveće vrednosti za K/S (uzorak odštampan sa pet nanosa boje) određena je razlika boje $\Delta E_{a,b}$. Najmanja razlika boje je zabeležena između uzoraka odštampanih sa pet i četiri nanosa boje ($\Delta E_{a,b} = 2,89$) i to se smatra srednjom razlikom boje. Najveća razlika boje je između uzoraka odštampanih sa jednim i pet nanosa boje ($\Delta E_{a,b} = 16,74$) što je masivna razlika. Vrednosti za $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka sa pet i tri nanosa je bila 6,9, dok je između uzorka odštampanih sa pet i dva nanosa boje iznosila 11,1, što takođe pripada grupi masivnih razlika.

Vrednosti koje su dobijene za uzorke koji su na materijalu 2, odštampani cijan bojom sa različitim nanosima boje predstavljene su u tabeli 8.1.2.2.

Tabela 8.1.2.2. Određivanje vrednosti za uzorke odštampane cijan bojom (materijal 2)

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b	CIE C	CIE h	$\Delta E_{a,b}$
2-1C	44.21	-4.32	-31.74	32.03	262.25	18.99
2-2C	37.11	-2.44	-27.27	27.38	264.88	10.4
2-3C	34.42	-0.02	-24.02	24.02	269.95	6.3
2-4C	30.73	-1.23	-23.17	23.2	266.96	2.74
2-5C	28.62	-0.46	-21.6	21.6	268.79	-

I na osnovu ovih rezultata se uočava da povećanje nanosa boje pri štampi smanjuje svetlinu. Kako je uzorak odštampan sa pet nanosa boje imao najveću vrednost za K/S (12,95) on je uzet kao referentna vrednost i u odnosu na njega su određene razlike boje. Najmanja razlika boje je zabeležena između uzoraka odštampanih sa pet i četiri nanosa boja ($\Delta E_{a,b} = 2,74$). Ta vrednost se smatra srednjom razlikom boje. Sve ostale vrednosti za $\Delta E_{a,b}$ bile su veće i pripadale su grupi masivnih razlika boje ($\Delta E > 6$). Vrednosti za $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka sa pet i tri nanosa je 6,3, dok je između uzorka sa pet i dva nanosa iznosila 10,4. Najveća vrednost za $\Delta E_{a,b}$ je 18,99 (poređenje uzorka odštampanih sa jednim i pet nanosa boje).

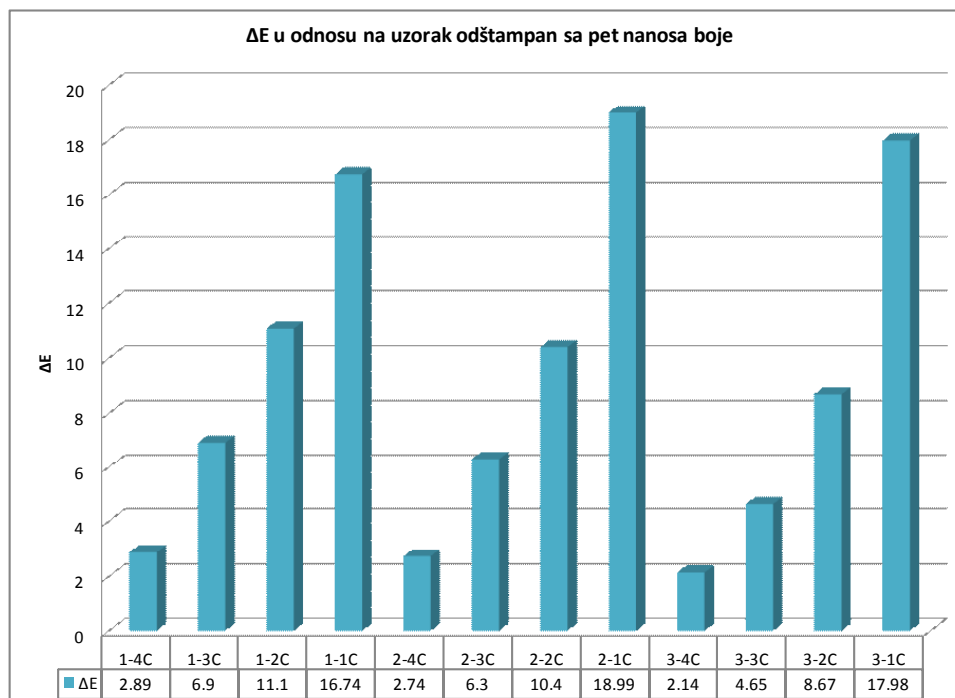
Tabela 8.1.2.3 je dala prikaz vrednosti koje su dobijene za uzorke odštampane cijan bojom na materijalu 3.

Tabela 8.1.2.3. Određivanje vrednosti za uzorke odštampane cijan bojom (materijal 3)

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b	CIE C	CIE h	$\Delta E_{a,b}$
3-1C	52.3	-0.53	-32.08	32.09	269.06	17.98
3-2C	42.67	-0.31	-31.27	31.27	269.43	8.67
3-3C	38.89	0.73	-30.16	30.17	271.38	4.65
3-4C	36.69	2.45	-28.95	29.05	274.84	2.14
3-5C	34.95	1.75	-27.91	27.97	273.59	-

Uzorci koji su štampani sa većim brojem nanosa boje imali su manju vrednost za svetlinu u odnosu na uzorke koji su štampani sa manjim brojem nanosa boje. U odnosu na uzorak dobijen štampom sa pet nanosa boje koji je za K/S imao vrednost 8,44, određena je razlika boje. Tako vrednost za $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka dobijenih štampom sa četiri i pet nanosa boje iznosi 2,14. Ta vrednost pripada srednjoj razlici boje i nju može da primeti i neuvežbano oko. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka dobijenih štampom sa tri i pet nanosa je imala veću vrednost (4,65) koja pripada grupi krupnih razlika. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka odštampanih sa dva i pet nanosa boje i između uzoraka odštampanih sa jednim i pet nanosa boje pripadaju grupi masivnih razlika boje. Izmerene vrednosti su iznosile 8,67 i 17,98.

Poređenje razlika boja u odnosu na uzorak koji je imao najveće K/S vrednosti za sve materijale je dato na slici 8.1.2.1.



Slika 8.1.2.1. $\Delta E_{a,b}$ u odnosu na uzorak odštampan sa pet nanosa boje - svi materijali (cijan)

Sa slike se može uočiti da su vrednosti za razlike boje relativno približne, tj. nijedna vrednost nije drastično odskočila. Opšte zapažanje bi bilo da je povećanjem nanosa boje smanjivana vrednost svetline uzorka.

Pošto većina istraživača na drugi način pokušava da ostvari bolja svojstva otiska tako se u analizama radova nije naišlo na sličnu problematiku. Autori su određivali vrednosti za razliku boje najčešće nakon izlaganja uzoraka nekom uticaju te nije moguće naći paralelu između dobijenih i već ranije publikovanih rezultata.

U tabeli 8.1.2.4 predstavljene su vrednosti koje su dobijene za uzorke koji su na materijalu 1 odštampani magentom sa različitim brojem nanosa boje.

Tabela 8.1.2.4. Određivanje vrednosti za uzorke odštampane magenta bojom (materijal 1)

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b	CIE C	CIE h	$\Delta E_{a,b}$
1-1M	46.74	48.71	0.88	48.72	1.03	16.38
1-2M	41.34	44.94	2.95	45.03	3.76	9.56
1-3M	39.24	41.96	2.59	42.04	3.53	6.2
1-4M	36.54	40.27	3.45	40.42	4.9	2.91
1-5M	34.37	38.54	4.33	38.78	6.41	-

Kao i kod štampe uzoraka cijan bojom i ovde je očigledno da će povećanje broja nanosa boje pri štampi dovoditi do smanjenja svetline uzoraka.

U odnosu na uzorak sa najvećim brojem nanosa boje, koji je ujedno imao i najveću vrednost za K/S određena je $\Delta E_{a,b}$. Kao i analizi uzoraka odštampanih sa cijan bojom i ovde se vidi da je najveća razlika boje između uzoraka odštampanih sa jednim i pet nanosa boje ($\Delta E_{a,b} = 16,38$). Ostale vrednosti za $\Delta E_{a,b}$ u odnosu na uzorak odštampan sa pet nanosa boje su bile sledeće: $\Delta E_{a,b(5,3)} = 6,2$ i $\Delta E_{a,b(5,2)} = 9,56$. Sve ove vrednosti pripadaju masivnim razlikama boje, osim $\Delta E_{a,b(5,4)}$ čija vrednost pripada srednjoj razlici (2,91).

Tabela 8.1.2.5 je dala prikaz vrednosti koje su dobijene za uzorke odštampane magenta bojom na materijalu 2.

Tabela 8.1.2.5 Određivanje vrednosti za uzorke odštampane magenta bojom (materijal 2)

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b	CIE C	CIE h	$\Delta E_{a,b}$
2-1M	43.07	49.59	1.55	49.62	1.79	18.78
2-2M	36.49	42.8	3.12	42.92	4.17	9.29
2-3M	32.81	38.87	5.51	39.26	8.06	4.55
2-4M	32.79	38.66	5.12	39	7.55	4.21
2-5M	29	32.36	5.28	32.79	9.26	-

I u ovom slučaju, uzorak odštampan sa pet nanosa boje je imao najveću vrednost za K/S. Ta vrednost je iznosila 16,41. Upravo zbog toga u odnosu na taj uzorak određene su razlike boja. Interesantno je to da su grupi krupnih razlika boje pripadale vrednosti između uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje ($\Delta E_{a,b} = 4,21$) i uzoraka sa tri i pet nanosa ($\Delta E_{a,b} = 4,55$). Ostale vrednosti su pripadale grupi

masivnih razlika i iznosile su 9,29 (razlika boje između uzoraka odštampanih sa dva i pet nanosa boje) i 18,78 (razlika boje između uzoraka odštampanih sa jednim i pet nanosa boje). Povećanje broja nanosa boje pri štampi je i u ovoj analizi smanjivalo svetlinu uzoraka.

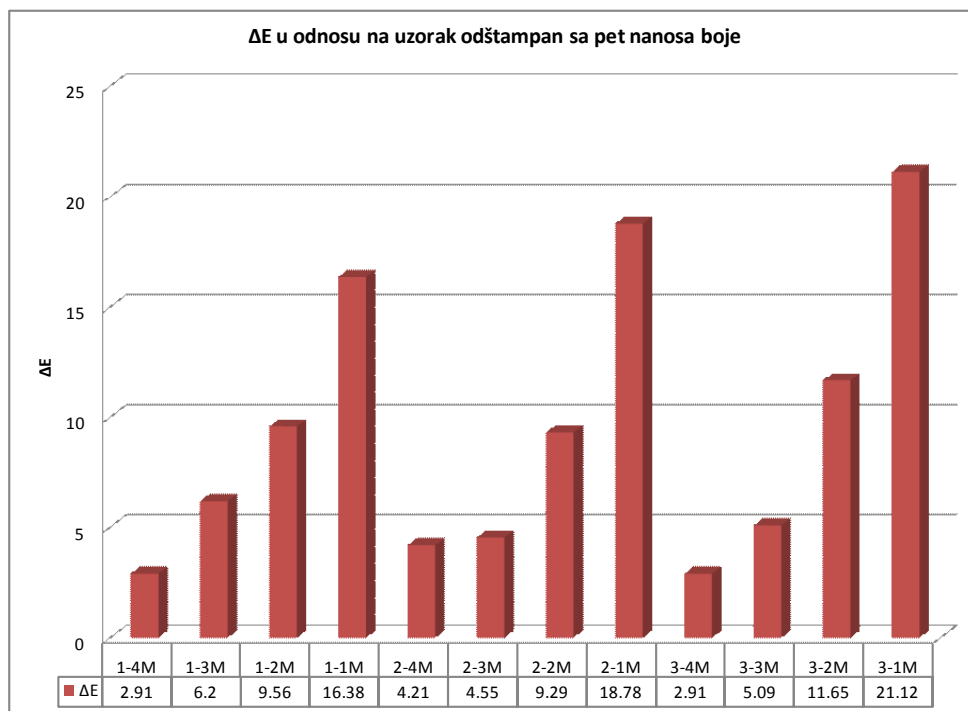
Dobijene vrednosti za uzorke koji su odštampani magentom na materijalu 3 predstavljene su u tabeli 8.1.2.6.

Tabela 8.1.2.6. Određivanje vrednosti za uzorke odštampane magenta bojom (materijal 3)

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b	CIE C	CIE h	$\Delta E_{a,b}$
3-1M	51.34	38.48	-8.58	39.43	352.19	21.12
3-2M	39.15	41.25	-3.06	41.36	355.75	11.65
3-3M	36.62	33.33	-4.57	33.64	352.19	5.09
3-4M	34.49	31.06	-4.06	31.33	352.56	2.91
3-5M	32.28	31.87	-2.35	31.96	355.78	-

U odnosu na uzorak dobijen štampom sa pet nanosa boje određene su razlike boje. Kao što je i očekivano najmanja vrednost za $\Delta E_{a,b}$ je bila između uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje i iznosila je 2,91. Vrednost 2,91 pripada razlici boje koju može i neuvežbano oko da uoči. Ostale vrednosti su bile veće i iznosile su $\Delta E_{a,b(3-5)} = 5,09$, $\Delta E_{a,b(2-5)} = 11,65$ i $\Delta E_{a,b(1-5)} = 21,12$ (masivne razlike).

Poređenje razlika boja u odnosu na uzorak koji je imao najveće K/S vrednosti za sve materijale je dato na slici 8.1.2.2.



Slika 8.1.2.2. $\Delta E_{a,b}$ u odnosu na uzorak odštampan sa pet nanosa boje - svi materijali (magenta)

Na osnovu ove slike može se zaključiti sledeće: Jedine vrednosti za razliku boje koje odskaku su vrednosti koje se dobijaju poređenjem uzorka odštampanog sa pet nanosa boje na materijalu 3 i uzoraka odštampanih sa jednim i dva nanosa boje na materijalu 3. Ostale vrednosti za razliku boje su relativno približne.

Tabela 8.1.2.7 daje prikaz vrednosti merenja za uzorke odštampane na materijalu 1 žutom bojom sa različitim brojem nanosa.

Tabela 8.1.2.7. Određivanje vrednosti za uzorke odštampane žutom bojom (materijal 1)

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b	CIE C	CIE h	$\Delta E_{a,b}$
1-1Y	78.28	-2.73	65.72	65.77	92.38	16.57
1-2Y	74.64	1.78	68.71	68.73	88.52	10.12
1-3Y	72.02	4.39	70.92	71.05	86.46	6.33
1-4Y	69.81	6.78	71.71	72.03	84.6	2.73
1-5Y	68.03	8.84	71.67	72.22	82.97	-

Kao što je i očekivano povećanjem broja nanosa boje pri štampi smanjivala se svetlina uzoraka. Opet je razlika boje najmanja između uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje - srednja razlika boje ($\Delta E_{a,b} = 2,73$), a najveća između uzoraka odštampanih sa jednim i pet nanosa boje ($\Delta E_{a,b} = 16,57$) - masivna razlika boje. Masivnim razlikama boje pripadaju $\Delta E_{a,b} = 6,33$ između uzoraka odštampanih sa tri i pet nanosa i vrednost između uzoraka odštampanih sa dva i pet nanosa boje koja je iznosila 10,12.

Posle analize uzoraka odštampanih žutom bojom na materijalu 1 izvršena je analiza uzoraka odštampanih na materijalu 2. U tabeli 8.1.2.8 je dat prikaz tih vrednosti.

Tabela 8.1.2.8. Određivanje vrednosti za uzorke odštampane žutom bojom (materijal 2)

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b	CIE C	CIE h	$\Delta E_{a,b}$
2-1Y	77.17	4.82	75.02	75.18	86.32	20.86
2-2Y	71.77	4.82	75.02	75.18	86.32	15.02
2-3Y	67.91	6.93	72.02	72.36	84.5	10.03
2-4Y	64.85	8.49	68.91	69.43	82.98	5.77
2-5Y	62.31	8.95	65.05	65.66	82.17	-

Kao i u svim dosadašnjim slučajevima uzorak odštampan sa pet nanosa boje je pokazao najveću vrednost za K/S (18,1), te je upravo zbog toga u odnosu na taj uzorak određena razlika boja. Interesantno je zapaziti da su u ovom slučaju sve vrednosti $\Delta E_{a,b}$ pripadale grupi masovnih razlika. Najmanja vrednost zabeležena je između uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje ($\Delta E_{a,b} = 5,77$). Vrednosti za ostale uzorke su bile sledeće: $\Delta E_{a,b(5-3)} = 10,03$, $\Delta E_{a,b(5-2)} = 15,02$ i $\Delta E_{a,b(5-1)} = 20,86$. Takođe je zapaženo da je sa svakim povećanjem nanosa boje smanjivana vrednost svetline uzoraka.

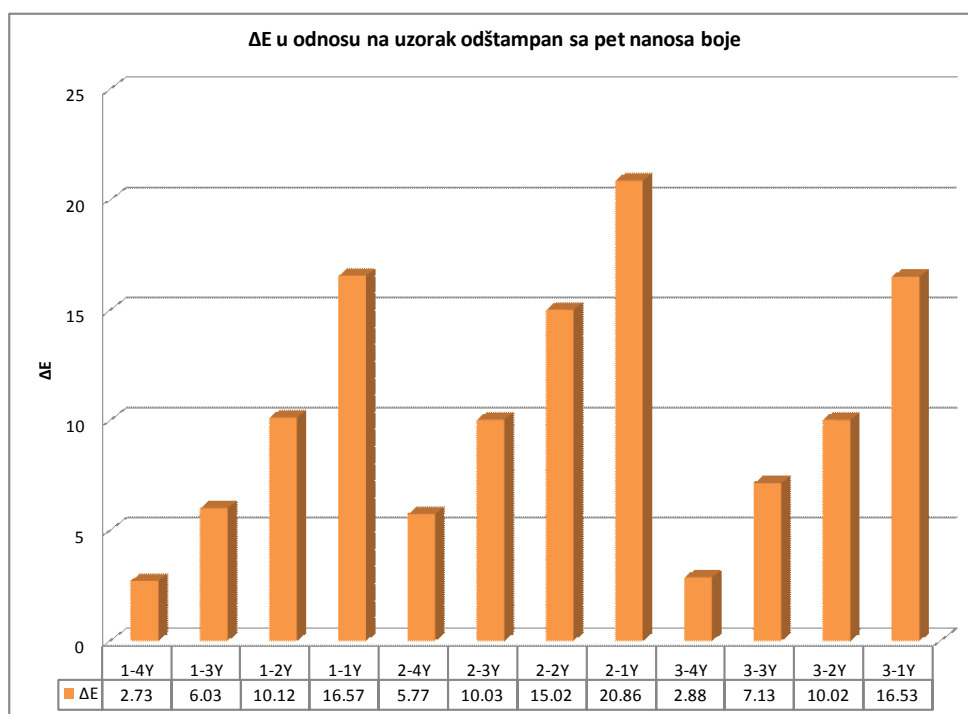
Analiza uzoraka odštampanih različitim nanosima žute boje na materijalu 3 predstavljena je u tabeli 8.1.2.9

Tabela 8.1.2.9. Određivanje vrednosti za uzorke odštampane žutom bojom (materijal 3)

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b	CIE C	CIE h	$\Delta E_{a,b}$
3-1Y	79.74	-3.25	68.35	68.42	92.72	16.53
3-2Y	75.14	2.06	68.87	68.9	88.29	10.02
3-3Y	72.56	3.81	68.68	68.78	86.83	7.13
3-4Y	69.69	6.53	66.88	67.2	84.42	2.88
3-5Y	67.68	7.59	65.12	65.56	83.35	-

Kao i u svim dosadašnjim poređenjima razlike boje i u ovom slučaju je izvršeno poređenje sa uzorkom koji je dobijen štampom sa pet nanosa boje, pošto je kod njega zabeležena vrednost K/S = 18,1. Te vrednosti su bile sledeće: $\Delta E_{a,b(4-5)} = 2,88$ (srednja razlika boje), $\Delta E_{a,b(3-5)} = 7,13$ (masivna razlika boje), $\Delta E_{a,b(2-5)} = 10,02$ (masivna razlika boje) i $\Delta E_{a,b(1-5)} = 16,53$ (masivna razlika boje). Kao što je i očekivano ukoliko se obrati pažnja na vrednosti svetline uzoraka uočava se da se one smanjuju sa povećanjem broja nanosa boje.

Poređenje vrednosti razlike boje pri analizi sva tri materijala predstavljeno je na slici 8.1.2.3. Sa slike se može videti da su vrednosti za razliku boje kod uzoraka odštampanih na materijalu 1 i 3 dosta bliske. Što se tiče uzoraka odštampanih na materijalu 2 uočava se da su njihove vrednosti značajno veće.



Slika 8.1.2.3. $\Delta E_{a,b}$ u odnosu na uzorak odštampan sa pet nanosa boje - svi materijali (žuta)

Poslednja grupa analiziranih uzoraka su uzorci odštampani crnom bojom na materijalima 1, 2 i 3. Kao i do sada prvo je izvršena analiza na uzorcima koji su odštampani različitim nanosima crne boje na materijalu 1. Dobijene vrednosti su predstavljene u tabeli 8.1.2.10.

Tabela 8.1.2.10. Određivanje vrednosti za uzorke odštampane crnom bojom (materijal 1)

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b	CIE C	CIE h	$\Delta E_{a,b}$
1-1K	36.04	-0.33	-1.18	1.23	254.56	13.89
1-2K	30.01	-0.65	-0.91	1.12	234.55	7.85
1-3K	25.68	-0.4	-1.02	1.1	248.63	3.52
1-4K	23.35	-0.58	-0.95	1.11	238.68	1.19
1-5K	22.16	-0.51	-0.88	1.02	239.54	-

Svetlina uzoraka kao i u svim pređašnjim analizama opada sa povećanjem broja nanosa boje. Kada se analiziraju vrednosti za razliku boje uočava se da je najmanja vrednost za $\Delta E_{a,b}$ zabeležena između uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa. Iznosila je 1,19 što je veoma mala razlika boje. Najveća vrednost za razliku boje je određena između uzoraka odštampanih sa jednim i pet nanosa ($\Delta E_{a,b} = 13,89$) koja je sa druge strane masivna razlika boje. Ostale vrednosti za $\Delta E_{a,b}$ u odnosu na uzorak odštampan sa pet nanosa su bile sledeće: $\Delta E_{a,b(5,3)} = 3,52$ (krupna razlika) i $\Delta E_{a,b(5,2)} = 7,85$ (masivna razlika).

Tabela 8.1.2.11 daje prikaz vrednosti koje su dobijene za uzorke odštampane crnom bojom na materijalu 2.

Tabela 8.1.2.11. Određivanje vrednosti za uzorke odštampane crnom bojom (materijal 2)

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b	CIE C	CIE h	$\Delta E_{a,b}$
2-1K	27.28	-0.3	-0.14	0.33	205.02	6.4
2-2K	23.81	-0.43	-0.14	0.45	198.29	2.96
2-3K	22.23	-0.18	-0.19	0.26	227	1.36
2-4K	21.52	-0.1	-0.09	0.14	222.64	0.66
2-5K	20.97	0.07	-0.18	0.19	293.04	-

U odnosu na uzorak dobijen štampom sa pet nanosa boje, koji je za K/S imao vrednost 15,7 određena je razlika boje. Najmanja vrednost je između uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje. Ona iznosi 0,66 i pripada grupi razlika boje koje se generalno ne mogu primetiti. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka odštampanih sa tri i pet nanosa boje je 1,36 i pripada grupi veoma malih razlika boje (može da je primeti samo iskusno oko). Grupi srednjih vrednosti razlike boje pripada izmerena vrednost između uzoraka odštampanih sa dva i pet nanosa boje (2,96). $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka odštampanih sa jednim i pet nanosa boje iznosila je 6,4 i kao takva pripada grupi masivnih razlika boje. Vrednosti za svetlinu boje se smanjuju sa povećanjem broja nanosa boje.

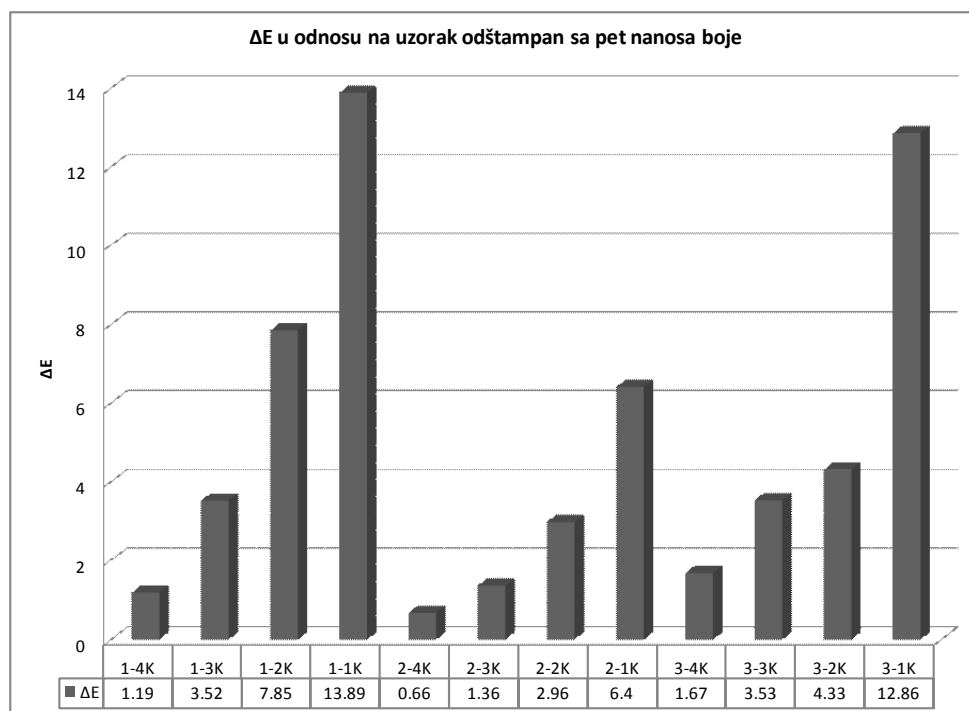
Na kraju je određena vrednost uzoraka odštampanih različitim nanosima crne boje na materijal 3. Prikaz tih vrednosti je dat u tabeli 8.1.2.12.

Tabela 8.1.2.12. Određivanje vrednosti za uzorke odštampane crnom bojom (materijal 3)

Uzorak	CIE L	CIE a	CIE b	CIE C	CIE h	$\Delta E_{a,b}$
3-1K	35.17	3.42	0.85	3.52	13.89	12.86
3-2K	26.84	1.64	-0.3	1.67	349.55	4.33
3-3K	26.03	1.58	-0.27	1.6	350.32	3.53
3-4K	24.15	1.53	-0.17	1.54	353.8	1.67
3-5K	22.52	1.55	-0.51	1.63	341.99	-

Vrednosti za ΔE u odnosu na uzorak dobijen štampom sa pet nanosa boje koji je imao vrednost za K/S = 19,41 generalno su manje nego kod uzoraka drugih boja odštampanih na materijalu 3. Najmanja vrednost 1,67 je u slučaju poređenja uzorka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje i pripada grupi razlika koju jedino iskusno oko može primetiti (veoma mala razlika boje). Grupi krupnih razlika pripada $\Delta E_{3-5} = 3,53$ i $\Delta E_{2-5} = 4,33$. $\Delta E_{1-5} = 12,86$ ima najveću vrednost i kao takva pripada masivnoj razlici boje.

Na slici 8.1.2.4 je dato poređenje vrednosti razlike boje pri analizi sva tri materijala. Može se uočiti da su vrednosti za razliku boje ukoliko se porede sa uzorcima odštampanim sa pet nanosa boje najmanje kod uzoraka odštampanih na materijalu 2. Vrednosti koje su dobijene analizom uzorka odštampanih na materijalu 1 i 3 su veće.



Slika 8.1.2.4. $\Delta E_{a,b}$ u odnosu na uzorak odštampan sa pet nanosa boje - svi materijali (crna)

Ukoliko bi se uporedile vrednosti za ΔE kod svih boja uočilo bi se da su najmanje razlike boje, što je i logično između uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje. Interesantno je da su najmanje vrednosti za ΔE dobijene kod uzoraka odštampanih crnom bojom, dok su uzorci odštampani cijanom, magentom i žutom bojom dobili približno iste vrednosti. To bi se moglo objasniti time da je vrednost za svetlinu boje kod uzoraka odštampanog sa jednim nanosom crne boje već niska, pa samim tim sledeći nanosi boje ne mogu toliko da utiču na svetlinu boje kao kod ostalih boja. Uglavnom se govori o masivnim razlikama boje sem u slučajevima kada se porede uzorci odštampani sa pet i četiri nanosa boje. Dobijeni rezultati su pokazali da se sa povećanjem broja nanosa boja, povećava i $\Delta E_{a,b}$ u odnosu na otisak odštampan sa jednim nanosom boje. Ukoliko bi se i dalje pri štampi povećavao broja nanosa boje, sigurno bi se povećavala i vrednost za $\Delta E_{a,b}$.

8.1.3. Određivanje spektralnih krivih za odštampane uzorke

Deo ispitivanja je obuhvatio i određivanje spektralnih krivih za odštampane uzorke. Spektralne krive su određene pomoću uređaja Spectro Dens, pri čemu je ugao posmatranja bio 2° pri osvetljenju D50 (merna geometrija $0^\circ/45^\circ$).

Pomoću ovih analiza pratilo se kako će povećanje broja nanosa boje da utiče na reflektivnost površine, a takođe je izvršeno poređenje između spektralnih krivih uzoraka odštampanih sa pet nanosa boje na različitim materijalima. To poređenje je izvršeno kako bi se videlo koliko svojstva materijala utiču na reflektivnost površine.

Tematikom reflektivnosti površine nakon štampe bavi se određen deo istraživača. Kako su njihova ispitivanja bila specifična, poređenje sa njihovim rezultatima je dato nakon određivanja spektralnih krivih svih odštampanih uzoraka.

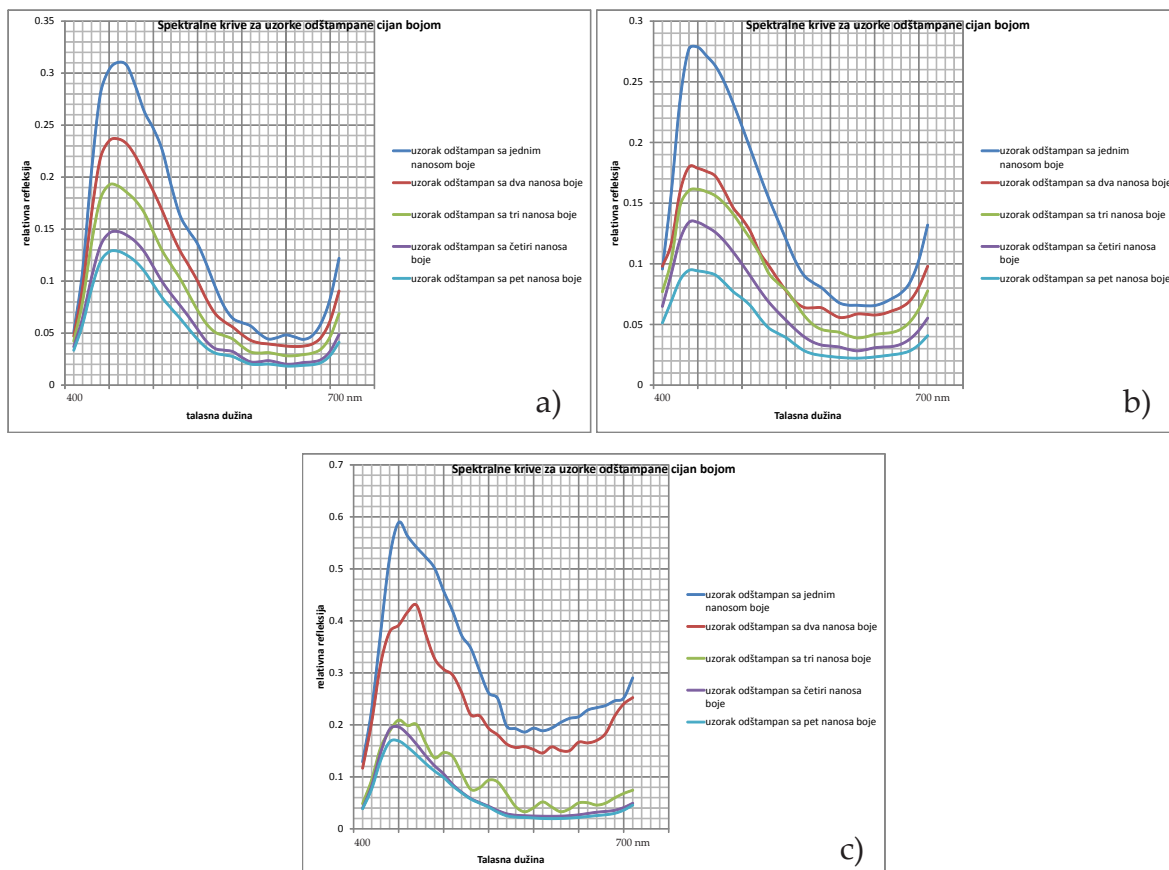
Prvi deo analize obuhvatio je određivanje spektralnih krivih za uzorke odštampane cijan bojom na materijalima 1, 2 i 3.

Interesantno je da se sa povećanjem broja nanosa boje smanjivala refleksija površine ovih uzoraka. To je rezultat toga da veća količina čestica pokriva površinu i zbog toga dolazi do upijanja veće količine svetlosti. Drugi faktor koji uslovljava smanjenje refleksije je to što veća količina boje spaja veći broj prostora između pojedinačnih vlakana ispitivanih uzoraka.

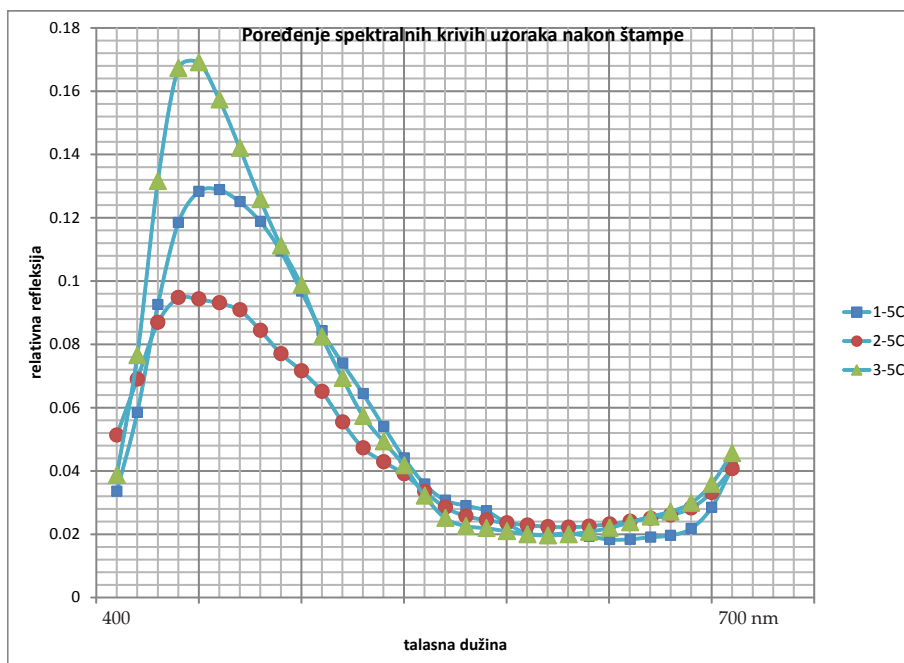
Ukoliko se pogleda slika 8.1.3.1 a koja predstavlja spektralne krive za uzorke odštampane cijan bojom na materijalu 1 sa nje se uočava da povećanjem broja nanosa boje opada njena reflektivnost i da je maksimum spektralne refleksije za ovu boju u plavom delu spektra.

Isti obrazac ponašanja je zabeležen kod uzoraka odštampanih na materijal 2 (slika 8.1.3.1 b) i 3 (slika 8.1.3.1 c), tj. sa povećanjem nanosa boje smanjivala se reflektivnost površine, a maksimum spektralne osetljivosti je zabeležen u plavom delu spektra.

Poređenje spektralnih uzoraka odštampanih sa pet nanosa boje je pokazalo da je najveća reflektivnost površine bila kod uzoraka odštampanih na materijalu 3 (slika 8.1.3.2). Interesantno je da je taj uzorak imao najveću K/S vrednost, pa se u ovom slučaju može naći veza između K/S vrednosti i reflektivnosti površine odštampanih uzoraka.



Slika 8.1.3.1. Spektralne krive za uzorke odštampane cijan bojom: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



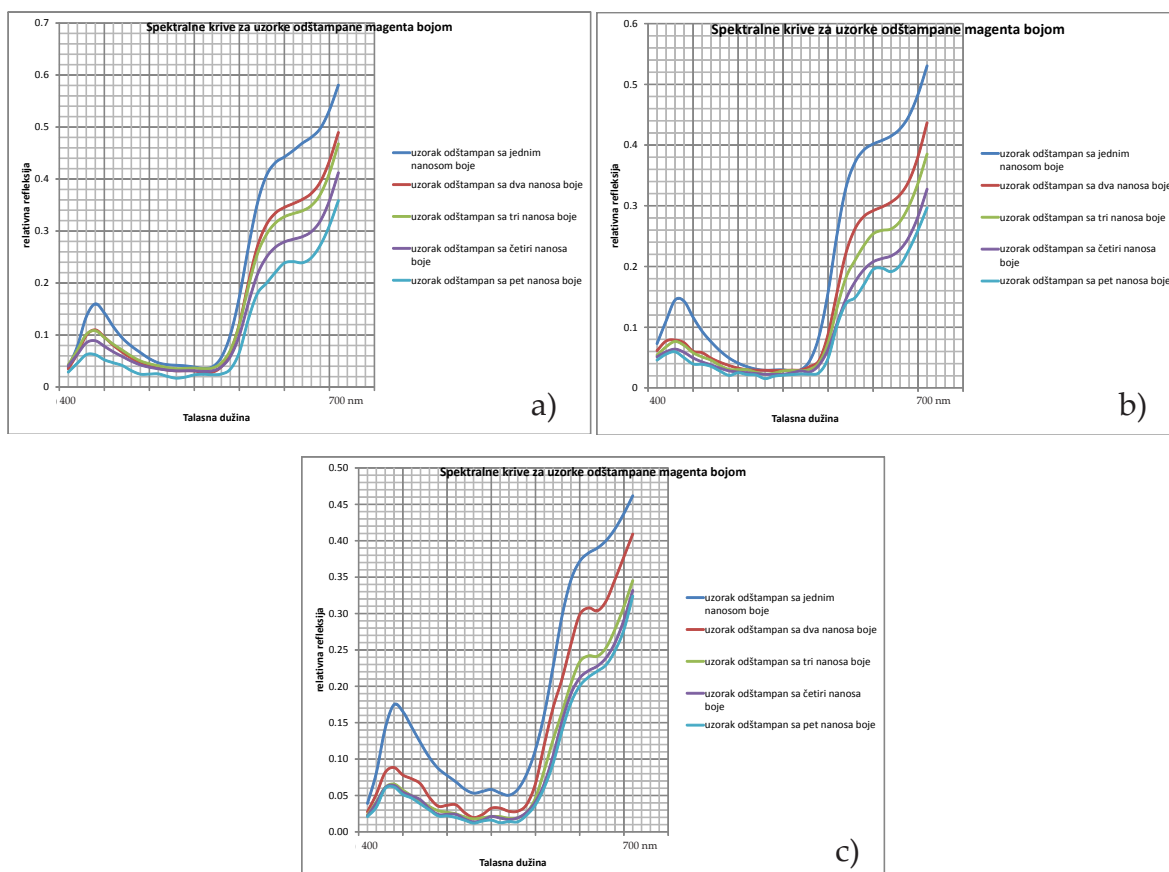
Slika 8.1.3.2. Poređenje spektralnih krivih za uzorke odštampane sa pet nanosa cijan boje

Analiza spektralnih krivih odštampanih različitim nanosima magenta boje na materijalima 1, 2 i 3 predstavljena je u nastavku.

Kod svakog materijala povećanje vrednosti K/S dovodi do smanjenja reflektivnosti uzorka jer kao što je već spomenuto veća količina boje ostaje na površini i upija svetlost. Takođe ona spaja i veći broj vlakana.

Maksimum spektralne osetljivosti je za sve uzorke bio u crvenom delu spektra.

Spektralne krive za uzorke odštampane magenta bojom na materijalu 1 su predstavljene na slici 8.1.3.3 a, dok su na slikama 8.1.3.3 b i 8.1.3.3 c predstavljene spektralne krive za uzorke odštampane na materijalima 2 (slika 8.1.3.3 b) i 3 (slika 8.1.3.3 c).

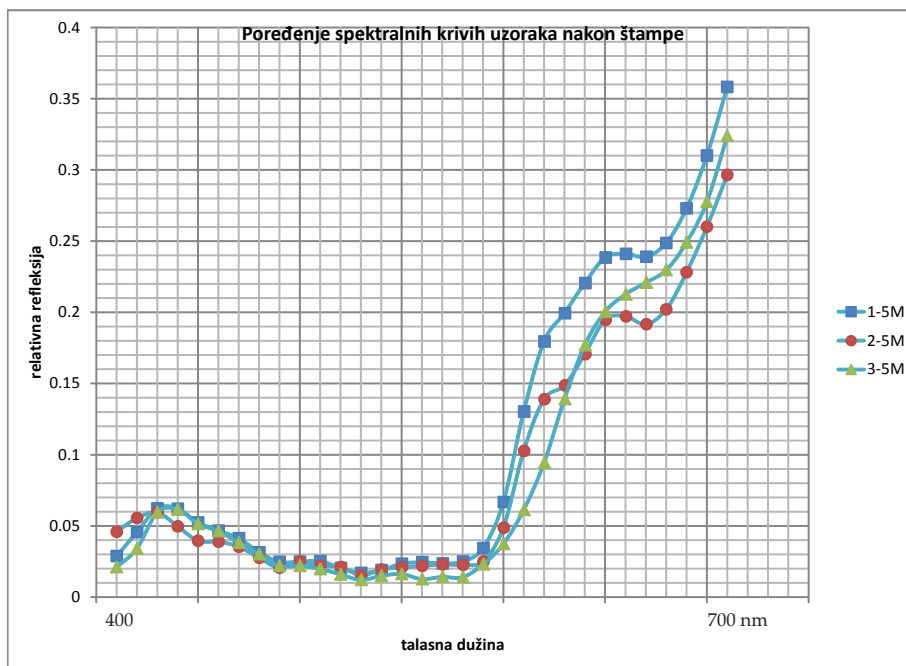


Slika 8.1.3.3. Spektralne krive za uzorke odštampane magenta bojom: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Na slici 8.1.3.4 je predstavljeno poređenje spektralnih krivih dobijenih za uzorke odštampane magenta bojom sa pet nanosa. Sa ove slike se vidi da je uticajni faktor pri reflektivnosti površine bila i struktura tekstilnog materijala, a ne samo K/S vrednost.

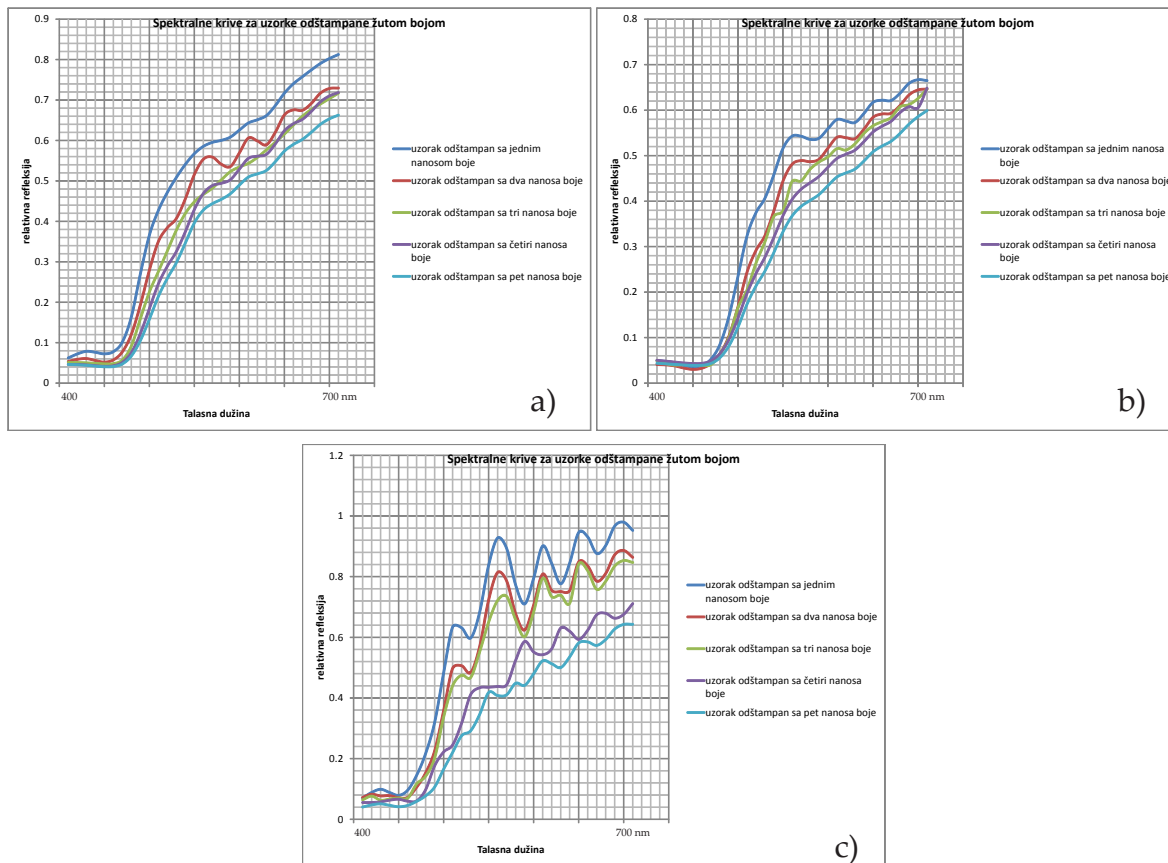
Veća K/S vrednost je smanjivala reflektivnost površine uzoraka odštampanih na istom materijalu, ali je ovde uočeno da i svojstva materijala utiču na reflektivnost površine ukoliko se poredi uzorci odštampani na različitim materijalima.

Naime uzorak odštampan sa pet nanosa magenta boje na materijalu 1 je imao najveće vrednosti za reflektivnost površine što se može objasniti time da su na to uticala i svojstva materijala. Uticaj svojstava materijala na reflektivnost površine je dokazana u radu (Mousa i ostali, 2008).



Slika 8.1.3.4 Poređenje spektralnih krivih za uzorke odštampane sa pet nanosa magenta boje

Na slikama 8.1.3.5 a, 8.1.3.5 b i 8.1.3.5 c je predstavljeno određivanje spektralnih krivih za uzorke odštampane sa različitim nanosima žute boje na materijalima 1, 2 i 3.

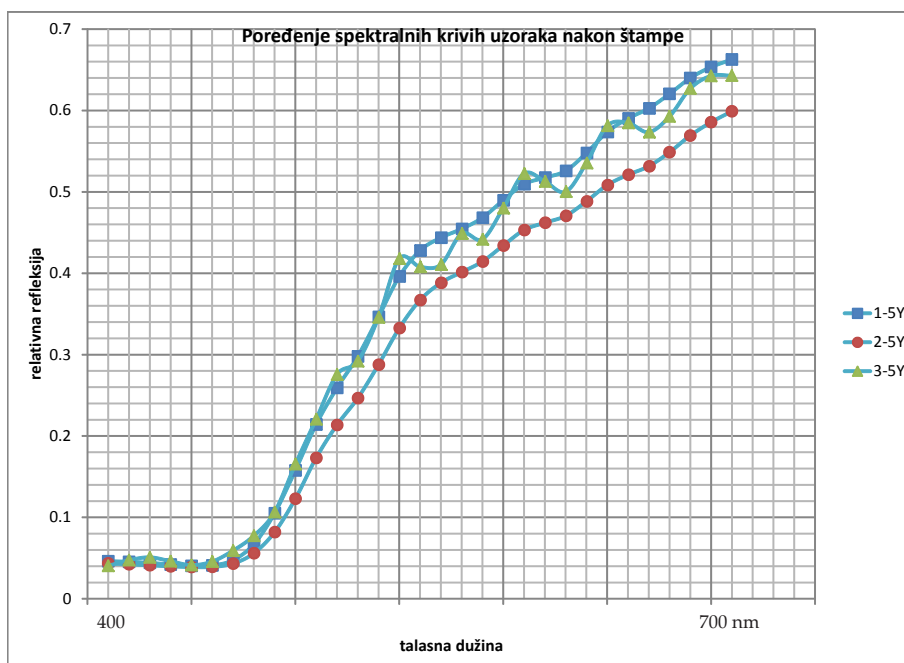


Slika 8.1.3.5. Spektralne krive za uzorke odštampane žutom bojom: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Kao i u svim dosadašnjim analizama uzoraka odštampanih cijan i magenta bojom i ovde je prikazano da povećanje broja nanosa boje i samim tim K/S vrednosti dovodi do smanjenja reflektivnosti površine uzoraka odštampanih na istom materijalu. Maksimum spektralne osetljivosti kod svih uzoraka je zabeležen u crvenom delu spektra.

Poređenje spektralnih krivih dobijenih za uzorke odštampane žutom bojom sa pet nanosa boje na materijale 1, 2 i 3 je predstavljeno na slici 8.1.3.6.

Ovde su takođe uočava uticaj svojstava materijala na reflektivnost površine. Uzorak odštampan sa pet nanosa žute boje na materijalu 1 je imao najmanju K/S vrednosti i najveću reflektivnost površine. Međutim i ako je uzorak odštampan sa pet nanosa žute boje na materijal 3 imao najveću K/S vrednost, njegova reflektivnost je bila veća od uzorka odštampanog na materijalu 2. To bi se moglo objasniti time da materijal 3 ima najveću površinsku masu i gustinu pletenja što je uslovalo da ima i veću reflektivnost površine od materijala 2.

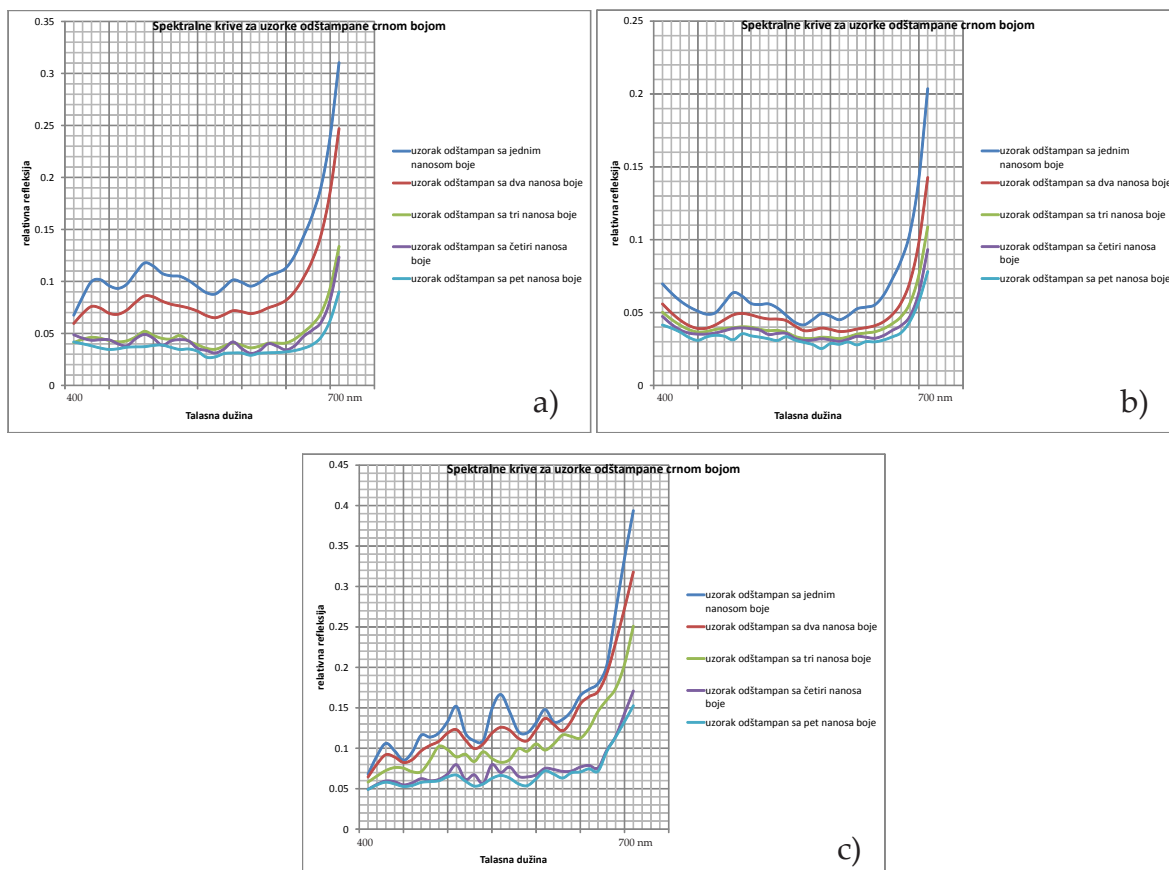


Slika 8.1.3.6. Poređenje spektralnih krivih za uzorke odštampane sa pet nanosa žute boje

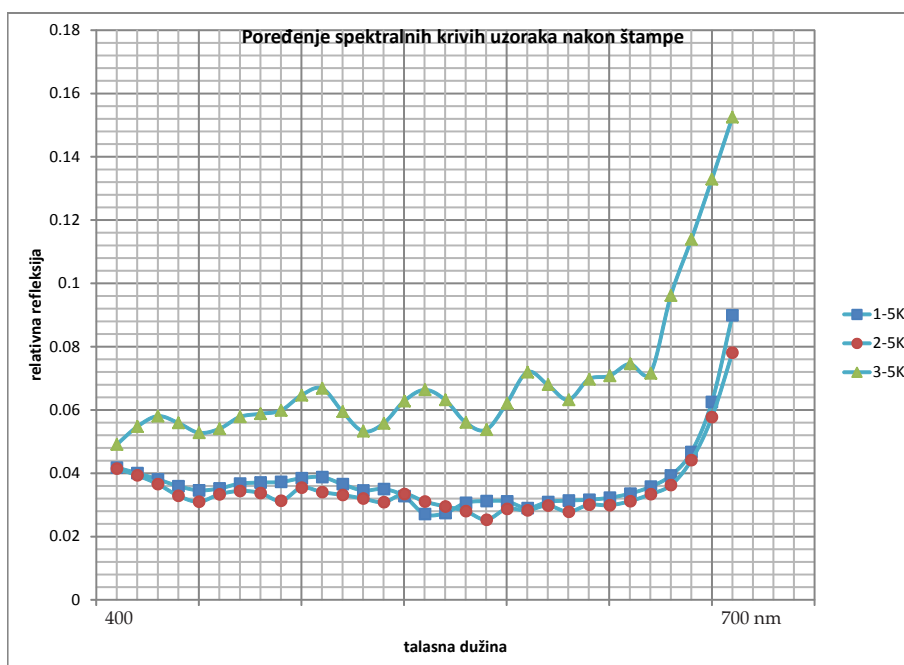
Na slikama 8.1.3.7 a, 8.1.3.7 b i 8.1.3.7 c predstavljene su spektralne krive za uzorke odštampane različitim nanosima crne boje na materijalima 1, 2 i 3.

Kao i u svim dosadašnjim analizama povećanje nanosa boje pri štampi smanjivalo je reflektivnost uzoraka, a povećavalo K/S vrednosti. Maksimum spektralne osetljivosti je bio u crvenom delu spektra.

Ukoliko se uporede spektralne krive za uzorke odštampane crnom bojom sa pet nanosa za sve materijale (slika 8.1.3.8) može se uočiti da uticaj na reflektivnost crne boje u velikoj meri ima i podloga. Tako je uzorak koji je odštampan na materijalu 3 imao najveću relativnu refleksiju, mada je nakon štampe imao najveće vrednosti za K/S.



Slika 8.1.3.7. Spektralne krive za uzorke odštampane crnom bojom: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



Slika 8.1.3.8. Poređenje spektralnih krivih za uzorke odštampane sa pet nanosa crne boje

Na osnovu odrađenih ispitivanja dobijeni su sledeći zaključci: prvo da će uzorci koji su odštampani na istom materijalu sa većim brojem nanosa boje i samim tim i

sa većom K/S vrednošću imati manju relativnu refleksiju. To se može povezati sa većom količinom boje koja se nalazi na površini. Drugi zaključak bi bio da sem K/S vrednosti na reflektivnost površine utiče i podloga. Neke podloge su reflektivnije pri štampi sa jednom, a neke sa drugom bojom.

Da je struktura podloge važan parametar pri njenoj reflektivnosti dokazali su Moussa i ostali, 2008 u svom radu gde su upoređivali različite tekstilne materijale i njihovu reflektivnost pri štampi cijan bojom. Razliku između reflektivnosti površine pamuka i poliestra dokazali su i Little i Christie, 2010 godine, pri čemu je pamuk imao veću reflektivnost. Takođe oni su dokazali da se sa različitim bojama može dobiti različita reflektivnost površine. Mikuž i ostali, 2005 su pokazali i da uticajni faktor na reflektivnost površine može imati delimično tehnika štampe. Odštampani uzorci su imali slične oblike spektralnih krivih, ali su se malo razlikovali.

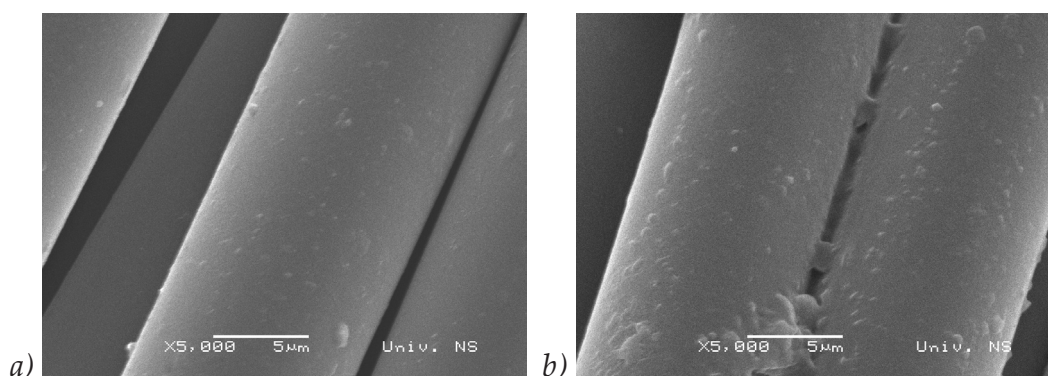
Promena reflektivnosti površine, odnosno određivanje spektralnih krivih pratiće se kako bi se uvidelo koliko će izlaganje odštampanih uzoraka nekim uticajima dovoditi do njihove promene.

8.1.4. SEM analiza uzoraka pre i nakon procesa štampe

Mikroskopskom SEM analizom praćene su promene koje je štampa izazvala na uzorcima. Zbog ograničenosti prostorom za sve materijale je dat prikaz uvećanja od 5000 x uzoraka odštampanih cijan bojom. Prikaz ostalih uvećanja je dat u prilogu disertacije.

Na slikama 8.1.4.1a i 8.1.4.1b dat je prikaz materijala 1 pre (slika 8.1.4.1 a) i nakon štampe sa pet nanosa cijan boje (slika 8.1.4.1 b).

Na početnu glatku površinu vlakana procesom štampe nanet je deo boje. Boja se zadržala na površini vlakana i između njih samih. Ovaj obrazac ponašanja može se videti i pri štampi sa drugim brojem nanosa boje kao i sa drugim uvećanjima. Pri većem broju nanosa boje, povećava se i količina boje na površini vlakana, ali zbog ograničenosti prostorom ti mikroskopski snimci su predstavljeni u prilogu P 3.

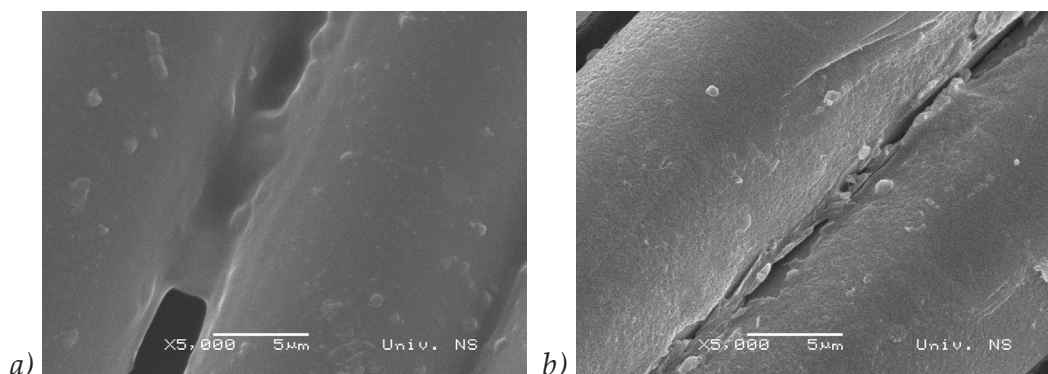


Slika 8.1.4.1. Mikroskopski snimak materijala 1: a) pre štampe (5000 x uvećanje), b) nakon štampe sa pet nanosa cijan boje (5000 x uvećanje)

Mikroskopski snimci materijala 2, sa uvećanjem od 5000 x, pre štampe i nakon štampe sa pet nanosa cijan boje predstavljeni su na slikama 8.1.4.2 a i 8.1.4.2 b.

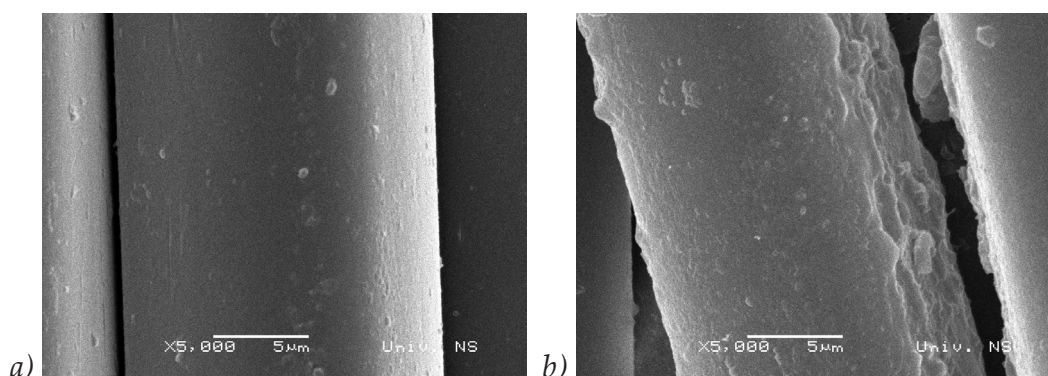
Kao što se sa slika vidi i u ovom slučaju nanosi boje se zadržavaju na površini

vlakana i između njih. Ostali mikroskopski snimci predstavljeni su u prilogu, a ovde je prikazan samo karakterističan snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje.



Slika 8.1.4.2. Mikroskopski snimak materijala 2: a) pre štampe (5000 x uvećanje), b) nakon štampe sa pet nanosa cijan boje (5000 x uvećanje)

Na slici 8.1.4.3 a je dat prikaz mikroskopskog snimaka materijala 3 pre štampe sa uvećanjem od 5000 puta, dok je na slici 8.1.4.3 b dat prikaz odštampanog uzorka sa pet nanosa cijan boje. Uočava se da površina vlakana nije više glatka i da se na njoj nalaze i čestice boja koje polako spajaju vlakna, ali ne toliko kao u slučaju prva dva analizirana materijala. Mikroskopski snimci ostalih uzoraka i drugih uvećanja su dati u prilogu P 3.



Slika 8.1.4.3. Mikroskopski snimak materijala 3: a) pre štampe (5000 x uvećanje), b) nakon štampe sa pet nanosa boje (5000 x uvećanje)

Kao što se vidi iz dobijenih rezultata proces štampe tj. nanosa boje je izazvao određene promene na svim materijalima. Promene su se ogledale u nanosu boja na površinu i spajanju dela vlakana. Ovi mikroskopski snimci poređiće se sa snimcima uzoraka izloženih različitim uticajima kako bi se videlo koliko ta dejstva utiču na boju koja se nalazi na uzorcima nakon štampe.

8.2. Rezultati merenja uzoraka nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima

Odštampani uzorci su podvrgnuti uticaju svetlosti i simuliranim vremenskima uslovima u mernom instrument Xenon test Alpha, proizvođača Atlas. Uzorci su izloženi tačno određenim uslovima prema standardu ISO 105-B02 (metod 2) (temperatura, osvetljenost, relativna vlažnost) te se tako moglo videti ponašanje materijala pod uticajem simuliranih uslova. Nakon simuliranja procesa izvršena je vizuelna ocena promene koja je izazvana na materijalu korišćenjem blue wool reference trake. Sem vizuelne ocene izvršena su i spektrofotometrijska merenja uzoraka pre i posle izlaganja ovom procesu kako bi se odredile vrednosti za razliku boje. Takođe je posmatrano kako će ovo dejstvo da utiče na reflektivnost površine uzorka.

8.2.1. Vizuelne ocene

Analiza uzoraka je pokazala da će u procesu izlaganja uzoraka svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima doći do promene obojenja na odštampanim materijalima, a kada je u pitanju analiza odštampanih otisaka različitim nanosima cijan boje uočava se generalno da su svi testirani uzorci srednje otporni.

Ukoliko su u pitanju analizirani uzorci sa 100 % vrednosti cijana pri štampi na materijal 1 može se zapaziti da su svi uzorci bez obzira na povećanje broj nanosa imali vrednost 4, pa se samim tim može zaključiti da povećanje broja nanosa boje pri štampi neće povećati postojanost obojenja na svetlost i simulirane vremenske prilike.

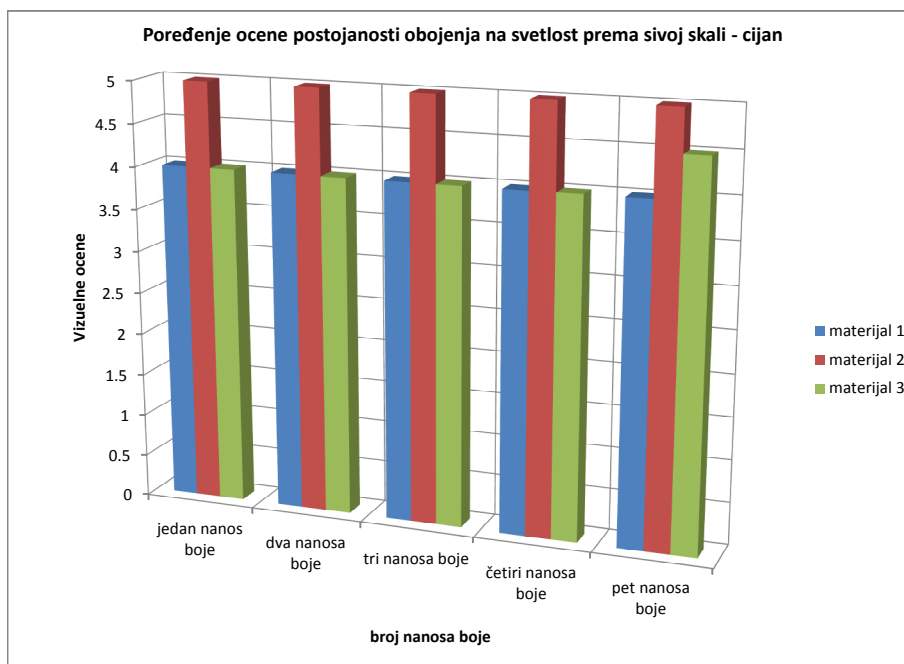
Analizirani uzorci materijala 2, nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uticajima pokazali su sledeće: uzorci sa 100 % vrednosti cijana dobili su ocenu 5 (slika 8.2.1.2), nezavisno od broja nanosa boje, te se i ovde može istaći da povećanje broja nanosa boje neće povećati postojanost obojenja na svetlost.

Kod analiziranih uzoraka odštampanih na materijal 3, uzorci sa 100 % vrednosti cijana pokazala su se srednje otpornim, te su polja odštampana sa jednim, dva, tri i četiri nanosa boje dobila ocenu 4. Sa druge strane analizirani uzorak koji je odštampan sa pet nanosa boje pokazalo je veću postojanost u procesu izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uticajima pri čemu je njegova vrednost iznosila 4-5. Ovde se može istaći da je povećanje broja nanosa boje pozitivno uticalo na postojanost uzoraka.

Poređenje ocena postojanosti obojenja uzoraka na svetlost i simulirane vremenske uslove pri štampi cijan bojom predstavljeno je na slici 8.2.1.1. Generalno bi se za sva tri materijala moglo istaći da povećanje broja nanosa boje nije dovelo do povećanja postojanosti uzoraka na svetlost i simulirane vremenske uslove. Jedino povećanje se dobilo pri štampi uzoraka sa pet nanosa boje na materijal 3. U ovom slučaju je zabeleženo povećanje ocene postojanosti obojenja sa 4 na 4-5. Takođe se poređenjem sva tri materijala može istaći da su uzorci odštampani na materijalu 2 imali najveće ocene postojanosti obojenja. Te ocene su kod svih uzoraka bile 5. Materijal 2 je imao najmanju površinsku masu i gustinu pletenja, a i u poređenju sa ostalim materijalima imao je najveće K/S vrednosti.

Interesantno je da se dobijeni rezultati razlikuju od rezultata koje je proizvođač

boja očekivao pošto je prema njima za ovu vrstu cijan boje ocena postojanosti obojenja na svetlost 5-6.



Slika 8.2.1.1. Poređenje ocene postojanosti obojenja na svetlost za različite materijale - cijan

Istraživanjem uticaja svetlosti na uzorke se bavi veliki broj autora. Uglavnom pokušavaju da sa različitim tretmanima tkanina dobiju bolje rezultate.

Korišćenjem tekstilnog materijala sa 100 % vrednosti pamuka kao podloge za štampu i njenim katjonskim tretiranjem pre procesa štampe (Kanik i Hauser, 2003) za cijan boju nisu uspeli da poboljšaju postojanost na svetlost. Pri štampi sa rezolucijom od 360 dpi, postojanost je čak opala sa 4-5 na 4. Odštampani uzorci rezolucijom od 720 dpi su zadržali istu vrednost (ocena 4).

Katjonskim tretiranjem ni (Cheng i ostali, 2004) nisu uspeli da povećaju postojanost na svetlost kod uzoraka. U eksperimentu su zabeležili da postojanost na svetlost kod cijan boje opada sa 5-6 na 4-5.

Varesano A. i Tonin C. (2008) su pokušali da poboljšaju postojanost vunjenih tekstilnih materijala dodavanjem polipirolom, ali ocena 7 koju su dobili pre tretmana je ostala i nakon tretmana.

Na osnovu ovih radova, kao i ostalih istraživanja moglo bi se reći da su se dobili pozitivni efekti pri štampi cijan bojom u više nanosa po pitanju postojanosti materijala na svetlost. Ocene su ostale iste ili su postale veće.

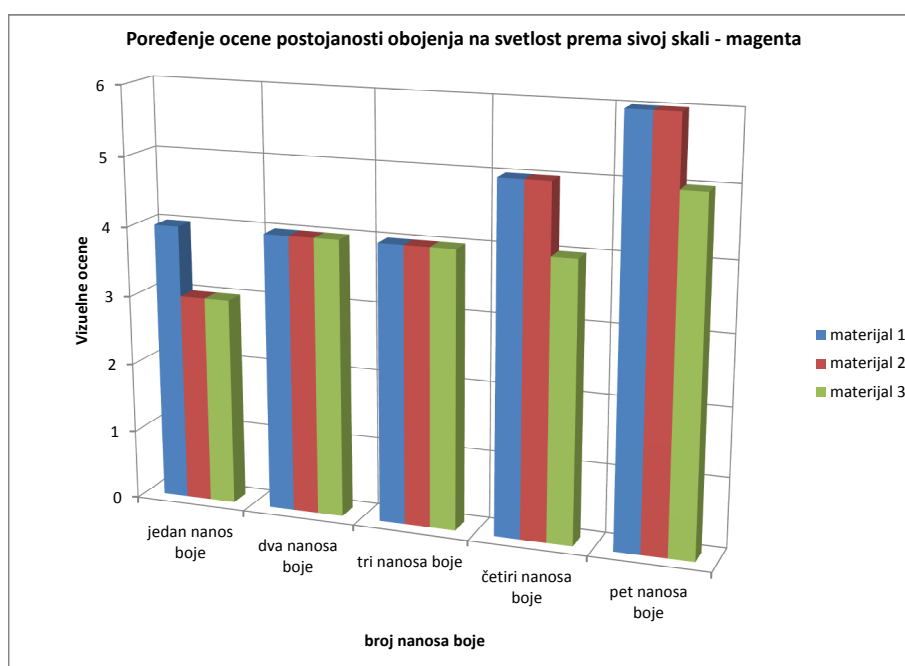
Kod analiziranih uzoraka sa 100 % vrednosti magente odštampanih na materijal 1 uočava se da postojanost na svetlost i simulirane vremenske prilike raste povećanjem broja nanosa boje, tj. veći je sa četiri i pet nanosa boje i iznosi 5 kod uzoraka odštampanih sa četiri nanosa i 6 kod uzoraka odštampanih sa pet nanosa magente. Važno je istaći da je početna vrednost postojanosti uzoraka na svetlost iznosila 4. Ta vrednost je zabeležena i kod uzoraka odštampanih sa dva i tri nanosa boje.

Na osnovu analize ovih uzoraka, moglo bi se zaključiti da će povećanje broja nanosa boje u slučaju kada se štampa na materijalu 1 sa magentom povećati i postojanost dobijenih otisaka u procesu eksploatacije.

Kod uzoraka sa 100 % magente odštampanih na materijalu 2, uočava se da je najmanju ocenu dobio uzorak odštampan sa jednim nanosom boje. Ta ocena je iznosila 3. Uzorci dobijeni štampom sa dva i tri nanosa boje pokazali su se otpornijim i tu je zabeležena vrednost 4, dok je kod uzorka sa četiri nanosa ta vrednost iznosila 5. Najotpornijim se pokazao analizirani uzorak odštampan sa pet nanosa boje i on je imao vrednost 6.

Ukoliko se posmatraju uzorci sa 100 % vrednosti magente dobijeni štampom na materijalu 3 može se videti da najmanju postojanost u procesu izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima ima uzorak odštampan sa jednim nanosom boje. Ta vrednost je iznosila 3. Uzorci dobijeni štampom sa dva, tri i četiri nanosa boje pokazala su se otpornijim pri izlaganju ovom procesu, a njihova vrednost iznosila je 4. Najveću postojanost pokazao je uzorak odštampan sa pet nanosa magente sa vrednošću 5.

Pri štampi magenta bojom na materijale korišćene u eksperimentu uočava se da će povećanje broja nanosa boje dovesti do povećanja postojanosti obojenja na svetlost. Najbolji rezultati su pokazali pri štampi uzoraka na materijal 2 koji je imao najmanju površinsku masu i gustinu pletenja. Slični rezultati su dobijeni i pri štampi uzoraka na materijalu 1, a najlošije su se ponašali uzorci odštampani na materijalu 3. Poređenje dobijenih rezultata predstavljeno je na slici 8.2.1.2.



Slika 8.2.1.2. Poređenje ocene postojanosti obojenja na svetlost za različite materijale - magenta

Interesanto je da ipak u eksperimentu nije dobijena ocena postojanosti obojenja na svetlost koju su predvideli proizvođači. Prema njihovim istraživanjima postojanost otiska odštampanog ovom bojom na svetlost može se izraziti ocenom 6-7.

Analizom postojanosti na svetlost uzoraka odštampanih magentom bavilo se veći broj istraživača. Neki su uspeli katjonskim tretiranjem podloge da poboljšaju postojanost magente na svetlost (Kanik i Hauser, 2003). U tim istraživanjima ocena postojanosti uzoraka odštampanih rezolucijom 360 dpi je porasla sa 4 na 4-5, dok je pri rezoluciji od 720 dpi ostala ocena 4-5. Kod nekih autora katjonski tretman se nije pokazao tako uspešnim (Cheng i ostali, 2004) te je u njihovim istraživanjima zabeležen pad postojanosti na svetlost sa 5 na 3-4. Dodavanjem polipirola vuni (Varesano i Tonin, 2008) takođe nije postignuta veća postojanost uzoraka odštampanih magentom, tj. ostala je ocena 7.

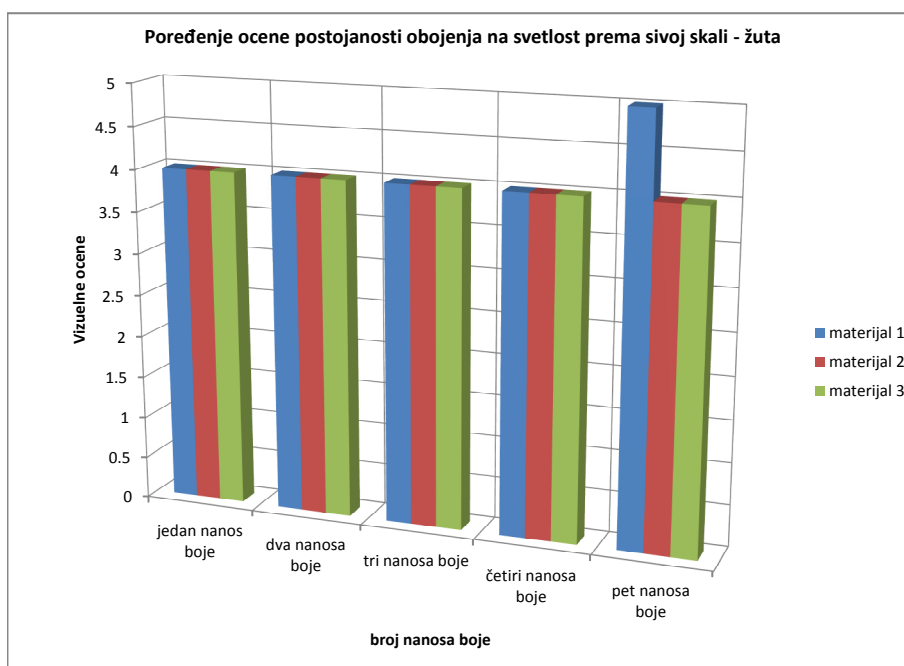
Moglo bi se reći da je povećanje broja nanosa magenta boje dovelo do povećanja postojanosti tih uzoraka na svetlost što veliki broj autora u njihovim eksperimentima nije uspeo da ostvari.

Analiza uzoraka na koje je odštampana žuta boja na materijalu 1 dala je vrednosti 4 pri štampi sa prva četiri nanosa, dok je kod petog nanosa zabeležena vrednost 5. Može se istaći da se i u ovom slučaju sa povećanjem broja nanosa boje raste postojanost na svetlost i simulirane vremenske uslove.

Žuta boja se jednolično ponašala na svim analiziranim uzorcima odštampanim na materijalu 2. Dobijena ocena za sve uzorke bila je 4 te se ovde može zaključiti da povećanje broja nanosa boje nije povećalo vizuelnu ocenu za postojanost uzoraka.

Kao i u analizi uzoraka žute boje odštampane na materijalu 2 i ovde su analize uzoraka odštampanih na materijalu 3 pokazale da se polja sa 100 % vrednosti žute boje ne menjaju bez obzira na broj nanosa boje. Ta vrednost je iznosila 4.

Poređenje ocena postojanosti svih materijala na svetlost i simulirane vremenske uslove predstavljeno je na slici 8.2.1.3. Uočava se da su skoro svi materijali imali istovetne ocene, pri čemu jedino odskake uzorak odštampan sa pet nanosa boje na materijalu 1. Njegova ocena je 5.



Slika 8.2.1.3. Poređenje ocene postojanosti obojenja na svetlost za različite materijale - žuta

Kao i u prethodnim analizama i ovde se može zaključiti da su dobijene vrednosti za postojanost boje na svetlost značajno niže od onih koje proizvođač preporučuje. Tako je prema proizvođaču ocena postojanosti ovih boja na svetlost 6-7 što je daleko više od najčešće dobijene ocene uzoraka.

U velikom broju radova pokušalo se eksperimentalno povećati postojanost žute boje na svetlost. Yuen i Kan, 2007 su plazma tretmanom tretirali tekstilni materijal sa 100 % pamuka pre štampe na grafičkom sistemu Mimaki Tx2-1600. Vreme plazma tretmana se razlikovalo, ali su nakon analize svih uzoraka uspeali da dobiju povećanje postojanosti na svetlost sa 2-3 do 3-4.

Tretman gama zračenjem (Bhatti i ostali, 2010) je takođe uspeo da poveća ocenu postojanosti uzoraka na svetlost sa 3 na 4-5, dok je kod katjonskih tretmana koje su radili (Cheng i ostali, 2004, Kanik i Hauser, 2003) zabeležen pad postojanosti uzoraka. Ocene su smanjena sa 6 na 4-5 (Cheng i ostali, 2004), dok je u istraživanjima Kanika i Hauser, 2004 zabeležen pad ocene sa 4-5 na 4 (štampa sa rezolucijom od 360 dpi) i sa 5 na 4-5 (štampa sa rezolucijom od 720 dpi).

Iako je povećanje ocene postojanosti obojenja na svetlost zabeleženo samo kod uzorka odštampanog sa pet nanosa žute boje na materijalu 1 dokazano je da povećanje broja nanosa boje sigurno neće loše delovati na uzorke.

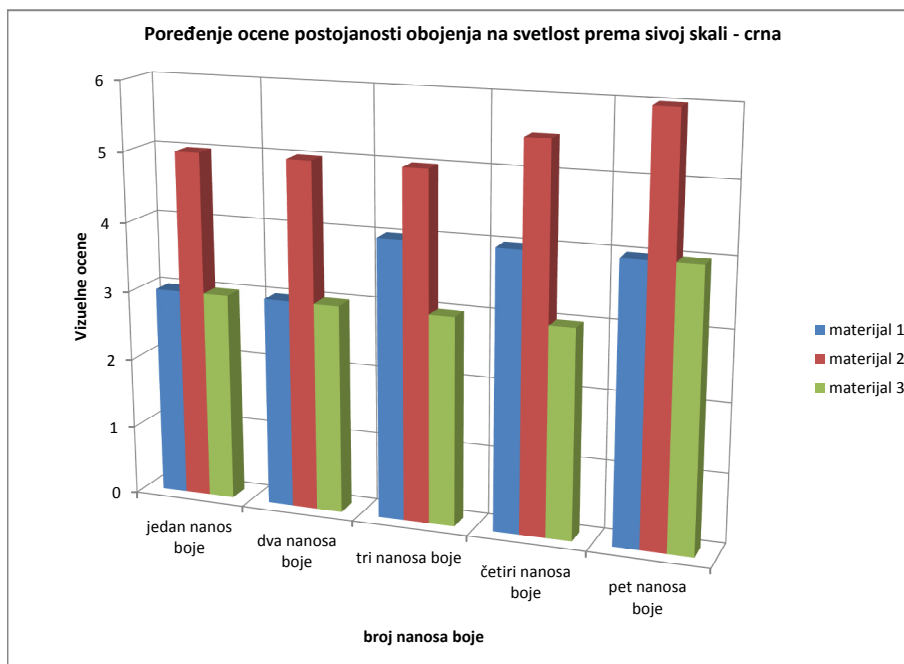
Pretpostavka je da bi sa plazma tretmanom ili gama zračenjem pre štampe uzoraka sa više nanosa boje rezultati još mogli povećati.

Crna boja tj. uzorci na materijalu 1 na koje je ona odštampana pokazali su se najmanje otporni i ovde je zabeležena vrednost 3 pri štampi sa jednim i dva nanosa boje, dok je za uzorke odštampane sa tri, četiri i pet nanosa boje ta vrednost iznosila 4. Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da povećanje broja nanosa boje pri štampi poboljšava i eksplotacione osobine.

Analizirani uzorci odštampani na materijalu 2 sa 100 % crne boje, bili su otporniji od uzoraka dobijenih štampom na materijalu 1. Najmanje vrednosti su zabeležene kod štampe sa prva tri nanosa boja i iznosile su 5. Veća postojanost je bila pri štampi na uzorke sa četiri nanosa (ocena 5-6), a najveća pri štampi sa maksimalnim brojem nanosa boje (ocena 6).

Kod analize uzoraka dobijenih štampom sa 100 % vrednosti crne boje polja na materijal 3 odštampani uzorci sa jednim, dva, tri i četiri nanosa imale su vrednost 3, dok je kod uzorka odštampanog sa pet nanosa boje zabeležena vrednost 4.

Preporučene ocene proizvođača na postojanost uzoraka na svetlost za crnu boju je 6 što je i dalje mnogo više od onoga što se u realnim uslovima može dobiti. Ocenu 6 je dobio jedino uzorak odštampan sa pet nanosa crne boje na materijalu 2. Uzorci odštampani na materijal 2, koji ima najmanju površinsku masu i gustinu pletenja i u ovom slučaju su se pokazali najotpornijima. Ocene uzoraka odštampanih na materijalima 1 i 3 bile su približne sa tim da je ipak nešto niže ocene ostvario materijal 3 koji ima najveću površinsku masu gustinu pletenja. Poređenje ovih rezultata je predstavljeno na slici 8.2.1.4.



Slika 8.2.1.4. Poređenje ocene postojanosti obojenja na svetlost za različite materijale - crna

Analize postojanosti crne boje na svetlost su se uglavnom, kao i analize ostalih materijala svele na razne vrste predtretmana. Ti predtretmani su uglavnom pozitivno delovali na postojanost uzoraka na svetlost, te su tako sa gama zračenjem Bhatti i ostali, 2011 uspeli da povećaju postojanost uzoraka sa 3 na 4-5. Katjonski tretmani koje su izvršili Kanik i Hauser, 2003 povećali su postojanost uzoraka na svetlost sa ocene 4 na 4-5 kod štampe pri rezoluciji od 360 i 720 dpi.

Dobijeni rezultati za sve četiri boje pokazuju da je povećanje broja nanosa boje pozitivno delovalo na postojanost uzoraka na svetlost. Nije zabeležena ni jedna niža ocena pri povećanju broja nanosa boje u štampi. Ono na čemu bi se moglo raditi je kombinacija predtretmana površina i povećanja broja nanosa boje pri štampi kako bi se mogli postići još bolji rezultati.

Takođe interesantno je primetiti da se sveukupno materijal sa najmanjom površinskom masom i gustinom pletenja najbolje ponašao pri izlaganju uticaju svetlosti, dok se generalno najlošije ponašao materijal sa najvećom površinskom masom i gustinom pletenja. Samim tim je sigurno je da pri štampi treba obratiti pažnju i na odabir odgovarajuće podloge za štampu.

8.2.2. Određivanje razlike boje između uzoraka pre i nakon izlaganja svetlosti

Nakon izlaganja odštampanih uzoraka uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima, sem vizuelne ocene izvršena su i spektrofotometrijska merenja korišćenjem spektrofotometra HP 200. Pri instrumentalnim merenjima ugao posmatranja je bio 10^0 , a osvetljenje je bilo D65 (d/8 merna geometrija).

Očekivalo se da ova merenja potvrde rezultate dobijene vizuelnom analizom. To je praktično značilo da će uzorci koji su dobili veću ocenu postojanosti obojenja na svetlost imati manje vrednosti za razliku boje. To se objašnjava time da je na njima došlo do manje promene.

Dobijene vrednosti za ΔL , Δa , Δb , ΔC , Δh i ΔE kod uzoraka odštampanih cijan bojom sa različitim brojem nanosa boje na materijalu 1 predstavljene su u tabeli 8.2.2.1. Ukoliko se posmatraju vrednosti za $\Delta E_{a,b}$ koje se i dobijaju uzimanjem u obzir svih preostalih vrednosti izraženih u tabeli, moglo bi se zapaziti da povećanje broja nanosa boje u procesu štampe povećava i postojanost u ovom procesu. Ovo se moglo zaključiti jer je najveća vrednost za $\Delta E_{a,b}$ zabeležena nakon izlaganja uzorka odštampanog sa jednim nanosom boje uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima. Ta vrednost je iznosila 3,9. Ostale vrednosti su opadale, pri čemu je najmanju vrednost od 3,15 imao uzorak odštampan sa pet nanosa boje. U prva tri slučaja, tj. kod uzoraka odštampanih sa jednim, dva i tri nanosa boje može se govoriti o krupnim razlikama. U slučaju izlaganja uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje zabeležena je razlika boje koja pripada grupi srednje razlike, tj. razlike koju može da primeti i neuvežbano oko.

Tabela 8.2.2.1. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - cijan boja (materijal 1)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
1-1C	0.87	2.58	2.78	-3.24	4.76	3.9
1-2C	1.53	2.28	2.73	-3.15	4.48	3.87
1-3C	0.79	2.15	2.84	-3.23	4.37	3.65
1-4C	1.2	2.38	2.23	-2.65	5.71	3.48
1-5C	0.69	1.83	2.47	-2.78	4.06	3.15

Analiza dobijenih rezultata uzoraka odštampanih cijan bojom na materijalu 2 je predstavljena u tabeli 8.2.2.2. Uočava se da je vrednost za razliku boje najveća kada se uzorak odštampan sa jednim nanosom boje izloži uticajima svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima. Ta vrednost iznosi 2,55. Najmanju vrednost za razliku boje zabeležena je kod izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima uzorka odštampanog sa pet nanosa boje i iznosila je 1,39. Kod vrednosti 1,39 i 1,44 govori se o veoma malim razlikama boje koje iskusno oko može primetiti, dok su ostale vrednosti za razliku boje pripadale grupi srednjih razlika boje. Na osnovu ovih rezultata može se zapaziti da povećanje broja nanosa boje smanjuje vrednosti za razliku boja.

Tabela 8.2.2.2. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - cijan boja (materijal 2)

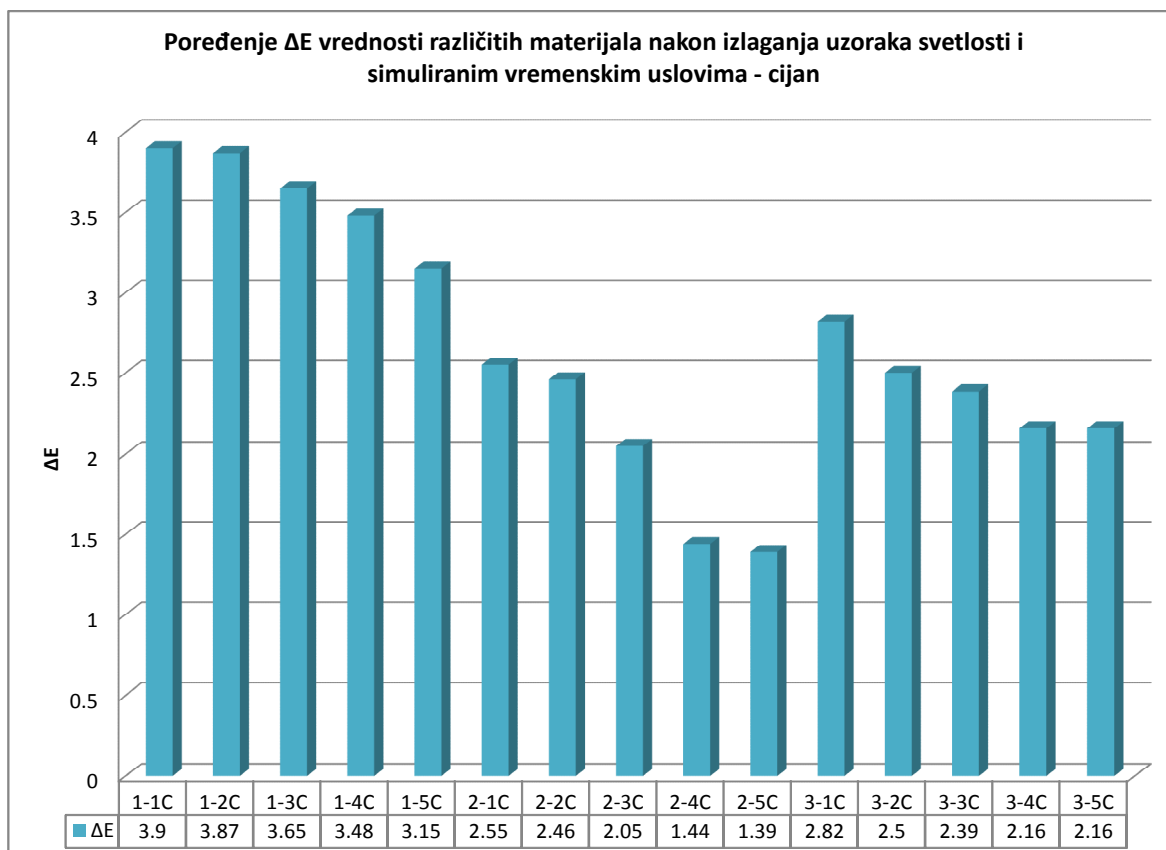
Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
2-1C	2.14	1.36	-0.32	0.11	3.91	2.55
2-2C	1.53	1.92	0.03	-0.31	4.82	2.46
2-3C	0.39	1.99	0.27	-0.62	4.17	2.05
2-4C	-0.52	1.23	-0.53	0.37	3.84	1.44
2-5C	1.12	0.76	-0.32	0.22	2.5	1.39

Prema spektrofotometrijskim merenjima uzorci odštampani sa različitim nano-sima cijan boje na materijalu 3 pokazali su dobru postojanost na njihovo izlaganje uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima. Dobijeni rezultati su predstavljeni u tabeli 8.2.2.3, a na osnovu tih vrednosti se može zaključiti da su u pitanju vrednosti za razlike boja koje pripadaju grupi srednjih razlika, tj. razlika koje i neuvežbano oko može primetiti.

Tabela 8.2.2.3. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - cijan boja (materijal 3)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
3-1C	2.72	0.64	0.4	-0.46	1.69	2.82
3-2C	2.01	0.89	1.19	-1.32	1.8	2.5
3-3C	2.17	0.41	0.92	-0.96	0.81	2.39
3-4C	1.7	0.84	1.04	-1.13	1.85	2.16
3-5C	2.16	-0.07	-0.09	0.1	-0.17	2.16

Poređenje dobijenih vrednosti za razliku boje između uzoraka pre i posle izlaganja svetlosti odštampanih cijan bojom predstavljeno je na slici 8.2.2.1.



Slika 8.2.2.1. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka pre i posle izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - svi materijali (cijan)

Sa ove slike se vidi ono što su pokazale i vizuelne ocene. Najmanje razlike boje između uzoraka pre i posle izlaganja uticaju svetlosti zabeležene su kada su u pita-

nju uzorci odštampani na materijalu 2, a najveće kada su u pitanju uzorci odštampani na materijalu 1. Uzorci koji su dobijali veće ocene za postojanost imali su manje vrednosti za razlike boje.

Vizuelnim ocenama uzorci odštampani magenta bojom u odnosu na uzorke odštampane cijan bojom pokazali su se otpornijim, prvenstveno ukoliko se govori o uzorcima odštampanim sa četiri i pet nanosa boje. Dobijene vrednosti spektrofotometrijskim merenjima za uzorke dobijene štampom na materijalu 1 predstavljene su u tabeli 8.2.2.4. Iz ove tabele se takođe vidi da povećanjem broja nanosa boje pri štampi raste postojanost uzorka na izlaganje uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima. Sve vrednosti pripadaju grupi veoma malih razlika koje može primetiti iskusno uvežbano oko. Te vrednosti se kreću od 1,17 (kod uzorka odštampanog sa pet nanosa boje) do 2 (kod uzorka odštampanog sa jednim nanosom boje).

Tabela 8.2.2.4. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - magenta boja (materijal 1)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
1-1M	1.59	1.07	0.57	1.11	0.6	2
1-2M	1.2	1.46	0.45	1.49	0.44	1.95
1-3M	0.85	1.28	0.52	1.31	0.51	1.62
1-4M	1.42	0.53	-0.11	0.52	-0.16	1.53
1-5M	0.88	0.66	0.38	0.68	0.36	1.17

Uzorci odštampani magenta bojom na materijalu 2 sa različitim brojem nanosa boje imali su nešto veće vrednosti za razliku boje nego istovetni uzorci odštampani na materijalu 1 (tabela 8.2.2.5). Tako je zabeležena krupna razlika boje nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima uzoraka odštampanih sa jednim i dva nanosa magente (4,2 i 3,77). Pri izlaganju ovim uticajima uzoraka odštampanih sa tri, četiri i pet nanosa boje u pitanju je srednja razlika boje koju može primetiti i neuvežbano oko (2,87, 2,7 i 2,31).

Tabela 8.2.2.5. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - magenta boja (materijal 2)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
2-1M	0.73	4.13	0.28	4.14	-0.16	4.2
2-2M	2.48	2.83	0.08	2.83	-0.23	3.77
2-3M	2.76	0.79	0	0.78	-0.07	2.87
2-4M	1.58	2.18	0.23	2.19	0	2.7
2-5M	0.81	2.15	-0.22	2.13	-0.35	2.31

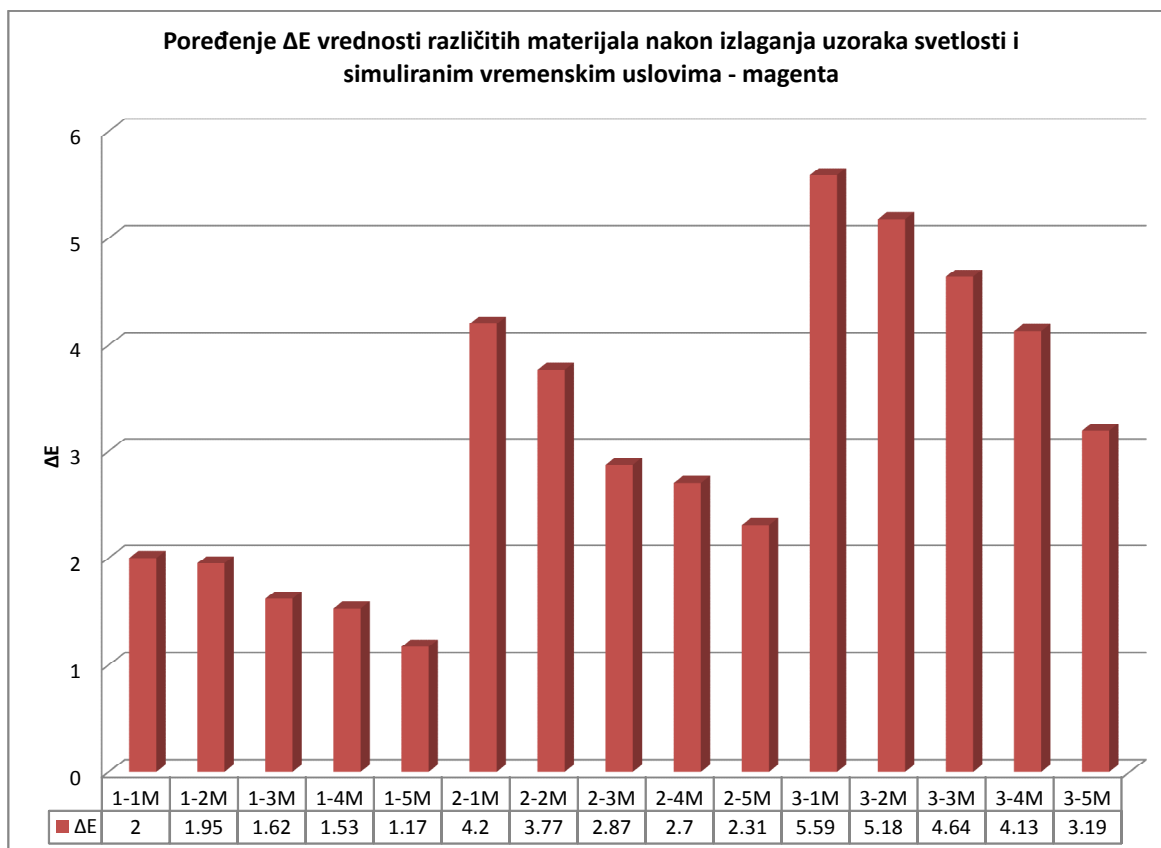
Prema vizuelnim ocenama uzorci odštampani različitim brojem nanosa magente na materijalu 3 su bili manje otporni od istovetnih uzoraka odštampanih na materijalu 1 i materijalu 2. To isto je potvrđeno i spektrofotometrijskim merenjima pomoću kojih je određena vrednost za razliku boja nakon izlaganja uzoraka uticaju

svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima. Dobijeni rezultati predstavljeni su u tabeli 8.2.2.6. Na osnovu njih bi se moglo zaključiti da će izlaganja uzoraka odštampanih sa jednim i dva nanosa boje uticajima svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima dovesti do masivnih razlike boje. Grupi krupnih razlika boje pripadaju vrednosti za razliku boje pri izlaganju pomenutim uticajima uzoraka dobijenih štampom sa tri i četiri nanosa boje. Srednjoj razlici boje pripada uzorak odštampan sa pet nanosa boje koji je izložen ovim uticajima.

Tabela 8.2.2.6. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - magenta boja (materijal 3)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
3-1M	2.74	4.77	0.97	4.81	0.82	5.59
3-2M	1.74	4.76	1.07	4.81	0.98	5.18
3-3M	2.24	4.03	0.45	4.05	0.37	4.64
3-4M	1.55	3.76	0.67	3.8	0.55	4.13
3-5M	2.06	2.43	0.07	2.43	0.15	3.19

Poređenje dobijenih vrednosti za razliku boje između uzoraka pre i posle izlaganja svetlosti koji su odštampani magenta bojom predstavljeno je na slici 8.2.2.2.



Slika 8.2.2.2. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka pre i posle izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - svi materijali (magenta)

Kao što su vizuelne ocene pokazale uzorci odštampani na materijalu 1 su bili za nijansu otporniji od uzoraka odštampanih na materijalu 2. To su potvrdila i spek-

trofotometrijska merenja, pa su upravo zbog toga njihove vrednosti za razliku boje najniže. Najveće vrednosti za razliku boje zabeležene su kod uzoraka odštampanih na materijalu 3.

Vrednosti za razlike boje dobijene spektrofotometrijskim merenjima za uzorke odštampane na materijalu 1 žutom bojom, nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima pripadaju grupama srednjih i veoma malih razlika (tabela 8.2.2.7). Grupi srednjih razlika pripadaju uzorci odštampani sa jednim, dva i tri nanosa boje, dok grupi veoma malih razlika pripadaju uzorci odštampani sa četiri i pet nanosa boje. Vrednosti za razliku boje su ipak relativno bliske, ali se uočava trend opadanja razlike boje sa povećanjem broja nanosa boje između odštampanih uzoraka i uzoraka izloženih ovom uticaju.

Tabela 8.2.2.7. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - žuta boja (materijal 1)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
1-1Y	1	-0.43	-2.25	-2.27	0.3	2.5
1-2Y	1.39	-0.74	-1.76	-1.78	0.82	2.37
1-3Y	2.02	0.15	1.19	1.2	0.01	2.35
1-4Y	1.39	-0.29	-0.52	-0.55	0.24	1.51
1-5Y	1.37	-0.21	0.06	0.04	0.21	1.39

Analiza uzoraka pre i nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima odštampanih različitim nanosima žute boje na materijalu 2 predstavljena je u tabeli 8.2.2.8. Na osnovu ovih rezultata vidi se da je povećanje broja nanosa boje uticalo na smanjenje razlike boje između uzoraka izloženih i neizloženih svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima. Kod izlaganja ovim uticajima uzoraka dobijenih štampom sa jednim, dva i tri nanosa boje moglo bi se govoriti o masivnim razlikama boje. Vrednost razlike boje za izloženi uzorak uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima sa četiri nanosa boje pripadala bi krupnim razlikama boje, dok se srednjom razlikom boje može iskazati izlaganje uzorka odštampanog sa pet nanosa boje pomenutim uticajima.

Tabela 8.2.2.8. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - žuta boja (materijal 2)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
2-1Y	4.4	-1.22	6.42	6.26	1.74	7.88
2-2Y	3.92	-1.55	4.73	4.6	1.78	6.34
2-3Y	3.84	-0.66	4.56	4.43	1.22	6
2-4Y	3.09	-1.33	2.76	2.7	1.39	4.35
2-5Y	1.81	-0.92	-0.21	-0.21	0.92	2.04

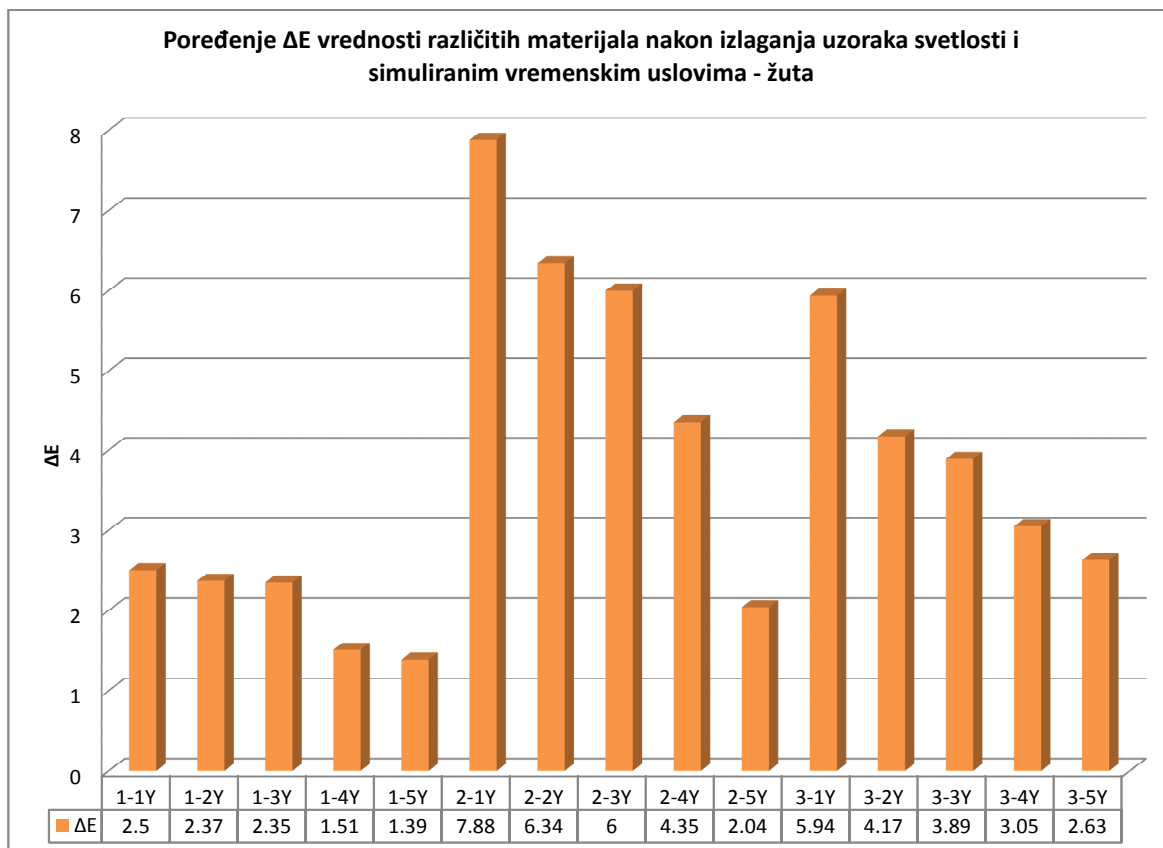
Uzorci odštampani različitim nanosima žute boje na materijalu 3 nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima manje su otporni od istih

uzoraka odštampanih na materijalu 1, ali su približno otporni uzorcima odštampanim na materijalu 2. Dobijeni rezultati su predstavljeni u tabeli 8.2.2.9. Iz nje se vidi da je razlika boje uzorka odštampanog sa jednim nanosom boje, pre i nakon izlaganja pomenutim uticajima, veoma velika i da pripada grupi masivnih razlika. Grupi krupnih razlika boje pripadaju vrednosti izmerene nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima uzoraka odštampanih sa dva i tri nanosa boje. Vrednosti za razliku boje između uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje i istih uzoraka izloženih analiziranim uticajima spadaju u grupu srednjih razlika boje. I u ovom slučaju je povećanje broja nanosa boje dovelo do smanjenja razlike boje između uzoraka pre i posle izlaganja ovim uticajima.

Tabela 8.2.2.9. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - žuta boja (materijal 3)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
3-1Y	4.24	-0.86	4.07	3.96	1.2	5.94
3-2Y	3.71	-0.73	1.75	1.7	0.83	4.17
3-3Y	3.15	-0.18	2.26	2.23	0.38	3.89
3-4Y	2.62	-1.03	1.17	1.13	1.09	3.05
3-5Y	1.78	-0.35	-1.9	-1.9	0.41	2.63

Na slici 8.2.2.3 je dato poređenje dobijenih vrednosti za razliku boje između uzoraka pre i posle izlaganja svetlosti koji su odštampani žutom bojom.



Slika 8.2.2.3. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka pre i posle izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - svi materijali (žuta)

Vizuelne ocene su pokazale da uzorci odštampani žutom bojom imaju slične vrednosti za postojanost uzoraka na svetlost. Spektrofotometrijska merenja za razliku boje su pokazala da tu ipak ima odstupanja. Najmanji rezultati za razliku boje su zabeleženi kod uzoraka odštampanih na materijalu 1. I ako vizuelne ocene tvrde da uzorci dobijeni štampom sa različitim nanosima boje na materijalima 2 i 3 imaju istu postojanost na svetlo, spektrofotometrijska merenja su pokazala da su ipak vrednosti za razliku boje veće kod uzoraka odštampanih na materijalu 2.

Poslednja analizirana grupa uzoraka odštampanih na materijalu 1 je bila grupa uzoraka odštampanih crnom bojom. Dobijene vrednosti za razliku boja su predstavljene u tabeli 8.2.2.10. Vrednosti za razliku boje kod uzoraka odštampanih sa jednim i dva nanosa boje su veće i pripadaju grupi krupnih razlika. Grupi srednjih vrednosti razlika boje, između odštampanih uzoraka i uzoraka izloženih svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima, pripadali su uzorci dobijeni štampom sa tri, četiri i pet nanosa boje. I ovde se uočava trend opadanja za vrednosti razlike boje.

Tabela 8.2.2.10. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - crna boja (materijal 1)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
1-1K	4.02	1.8	-0.57	1.84	6.8	4.44
1-2K	3.33	1.63	-0.78	1.8	0.8	3.79
1-3K	3	1.78	-0.18	1.61	10.96	3.49
1-4K	2.17	2.07	0.05	1.74	17.69	3
1-5K	1.74	2.35	0.43	1.77	30.61	2.96

Uzorci odštampani sa različitim nanosima crne boje na materijal 2 su i prema vizuelnim standardizovanim ocenama, a tako i prema izmerenim spektrofotometrijskim rezultatima bili otporniji od istih uzoraka odštampanih na materijalu 1. Sve dobijene vrednosti za razliku boje su pripadale grupi srednjih razlika, koju i neuvežbano oko može primetiti (tabela 8.2.2.11). Te vrednosti su sa povećanjem broja nanosa boje opadale.

Tabela 8.2.2.11. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - crna boja (materijal 2)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
2-1K	2.64	0.71	0.01	0.69	4.57	2.74
2-2K	2.19	1.07	0.21	1.02	6.22	2.45
2-3K	1.9	1.35	-0.04	1.34	1.67	2.33
2-4K	1.92	1.26	0.14	1.18	7.06	2.3
2-5K	1.82	1.12	0.43	1.01	15	2.19

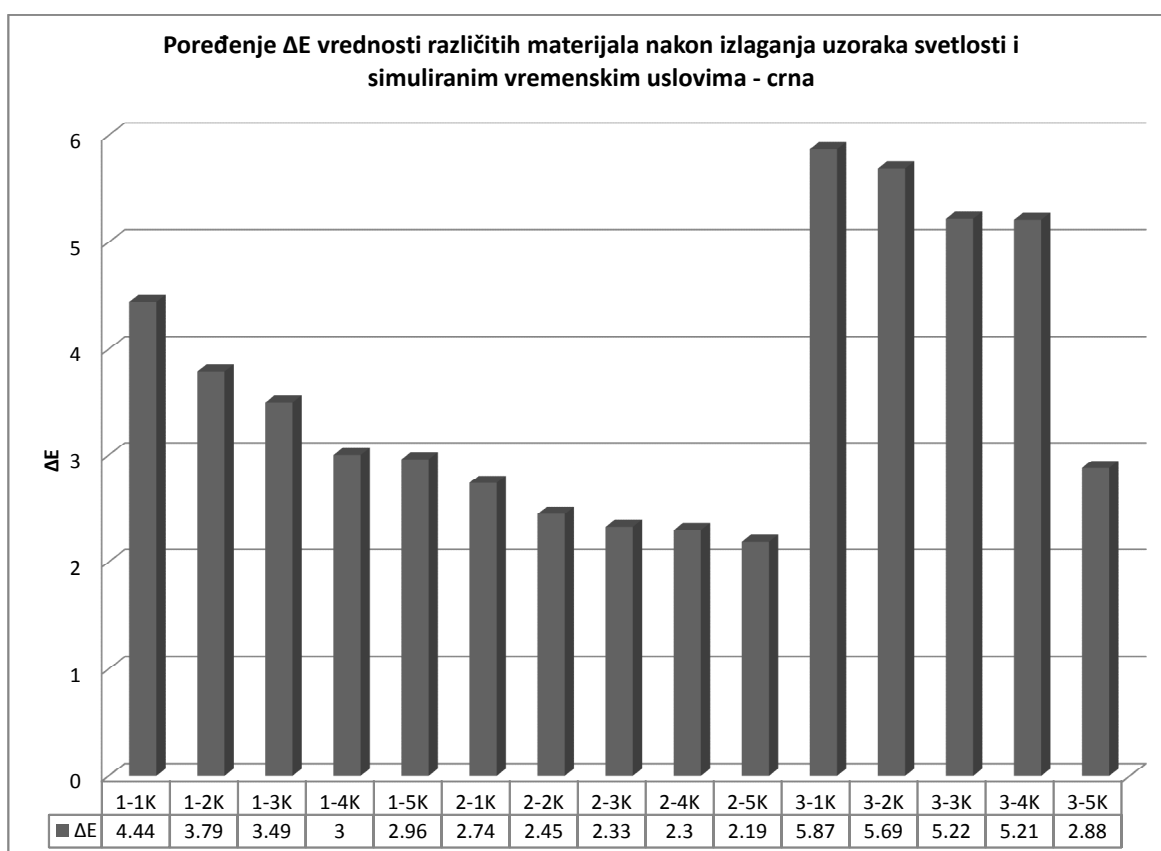
Spektrofotometrijska merenja, kao i vizuelne ocene, pri izlaganju uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima uzoraka odštampanih sa različitim na-

nosima crne boje na materijal 3 pokazala su najmanju postojanost (tabela 8.2.2.12). Kao i u svim dosadašnjim analizama, povećanje broja nanosa boje dovelo je do smanjenja razlike boje između uzoraka pre i nakon izlaganja ovim uticajima. Važno je istaći da su dobijeni rezultati za razlike boje između uzoraka pre i posle izlaganja ovim uticajima bili veoma veliki kod uzoraka sa jednim, dva, tri i četiri nanosa boje i pripadale su grupi krupnih razlika boje. Najmanja vrednost za razliku boje je zabeležena nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima uzorka odštampalog sa pet nanosa boje i pripadala je grupi srednjih razlika boje.

Tabela 8.2.2.12. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - crna boja (materijal 3)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
3-1K	5.49	1.99	-0.22	1.89	-4.21	5.87
3-2K	5.07	2.58	0.13	2.56	-2.14	5.69
3-3K	4.63	2.2	0.96	2.35	4.21	5.22
3-4K	4.76	2.09	0.24	2.09	-1.53	5.21
3-5K	1.69	2.27	0.54	2.26	-354.68	2.88

Slika 8.2.2.4 predstavlja poređenje dobijenih vrednosti za razliku boje između uzoraka pre i posle izlaganja svetlosti koji su odštampani crnom bojom.



Slika 8.2.2.4. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka pre i posle izlaganja uticaju svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima - svi materijali (crna)

Spektrofotometrijska merenja su i ovde pokazala podudaranost sa vizuelnim ocenama. Tako su najmanju vrednost za razliku boje imali uzorci odštampani na materijalu 2 koji su ujedno i najotporniji na svetlost prema vizuelnim ocenama.

Autori se u ispitivanjima uzoraka na uticaj svetlosti odlučuju na primenu standardizovanih vizuelnih ocena, pa je teško naći radove koji posebnu pažnju nakon izlaganja uzoraka svetlosti obraćaju na vrednosti za razliku boje.

Kandi i Rahmati (2008) nisu radili toliko sličnu tematiku, ali su pokazali u radu da se vizuelna i spektrofotometrijska merenja poklapaju, tako što su ocenjivali na oba načina koliko se grupe odštampanih uzoraka sa različitom teksturom razlikuju. Rad je pokazao da uzorci koji su imali najveću vrednost prema vizuelnim ocenama imaju najmanju vrednost za razliku boje prema spektrofotometrijskim merenjima.

Ovaj deo istraživanja je dobar putokaz kako se spektrofotometrijska merenja ponašaju, te je potrebno sto više ih uključiti u istraživanja.

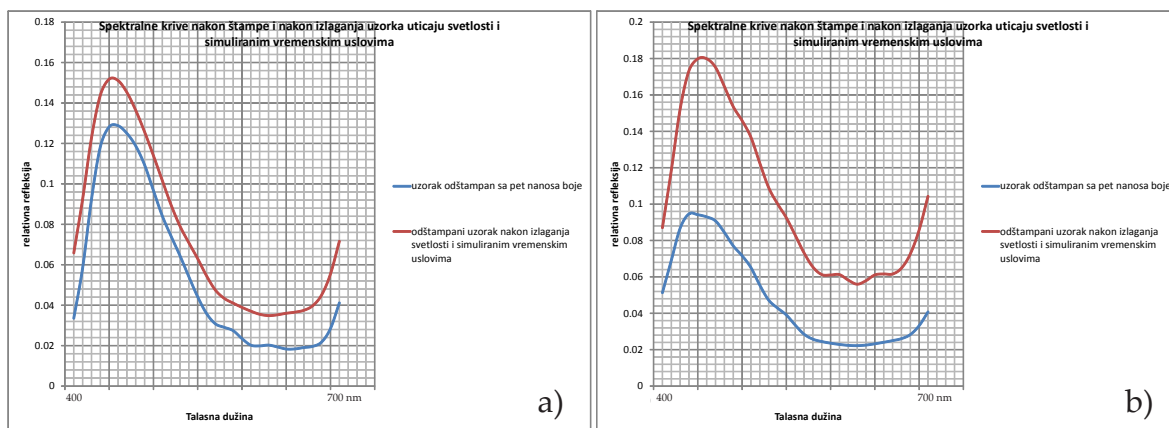
8.2.3. Određivanje spektralnih krivih za uzorke nakon izlaganja svetlosti

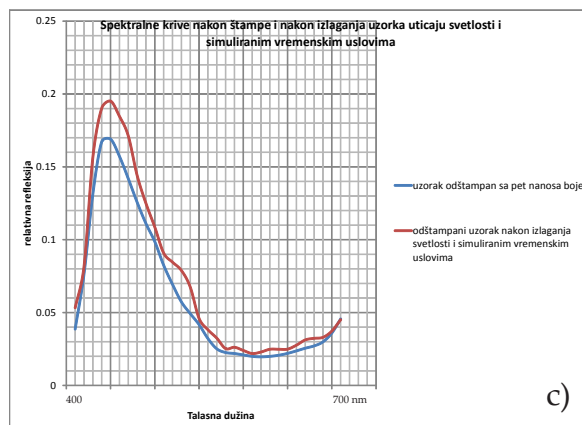
Osim već prikazanih merenja za sve uzorke podvrgnute procesu starenja određene su spektralne krive pomoću spektrofotometra Spectro Dens. Ugao posmatanja je bio 2° , a osvetljenje D50 ($0^\circ/45^\circ$ merna geometrija).

Te spektralne krive upoređivale su se sa spektralnim krivama uzoraka nakon procesa štampe. Od svih uzoraka, kao reprezentativni primerci odabrani su uzorci dobijeni štampom sa pet nanosa boje za svaku procesnu boju i za svaki materijal.

Prvo su analizirani uzorci dobijeni štampom sa pet nanosa cijan boje na materijalima 1, 2 i 3. Praćeno je kako će na njihove spektralne krive, a samim tim i na reflektivnost površine da utiče izlaganje svetlosti.

Poređenje uzoraka odštampanog na materijalu 1 pre i posle izlaganja svetlosti predstavljeno je na slici 8.2.3.1 a. Na slikama 8.2.3.1 b i 8.2.3.1 c je dato poređenje uzoraka odštampanih na materijalima 2 (slika 8.2.3.1 b) i 3 (slika 8.2.3.1 c) pre i posle izlaganja svetlosti.

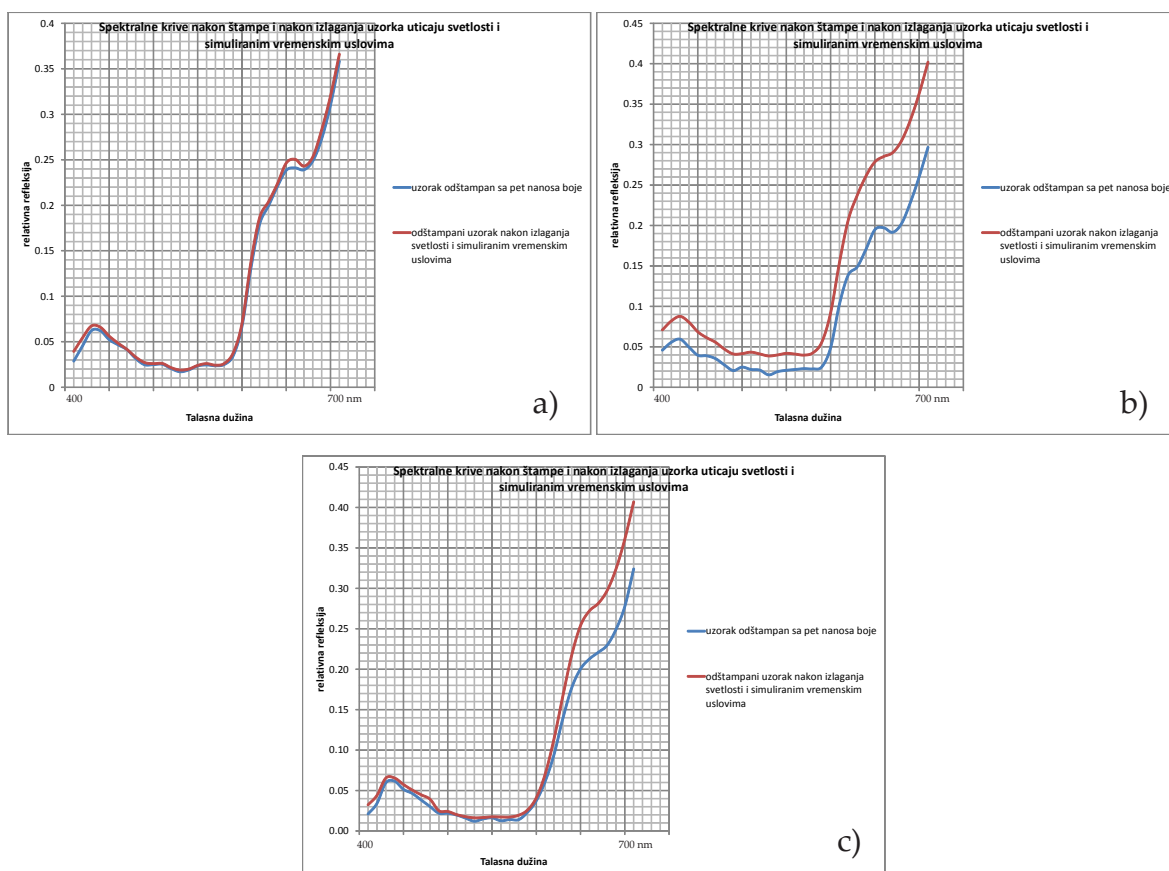




Slika 8.2.3.1. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom, pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Sa slika se može videti da nakon uticaja svetlosti i spoljnjih simuliranih uticaja dolazi do promena spektralnih krivih. Te krive imaju iste oblike, kao i uzorci nakon štampe, ali se može zaključiti da one imaju veći stepen reflektivnosti površine nego isti uzorci nakon štampe. Ovo bi moglo da se tumači time da u ovom procesu deo boje nestaje sa površine, te se samim tim manja količina svetla upija.

Analiza spektralnih krivih uzoraka odštampanih magenta bojom sa pet nanosa boje nakon izlaganja svetlosti predstavljena je na slikama 8.2.3.2 a, 8.2.3.2 b i 8.2.3.2 c.

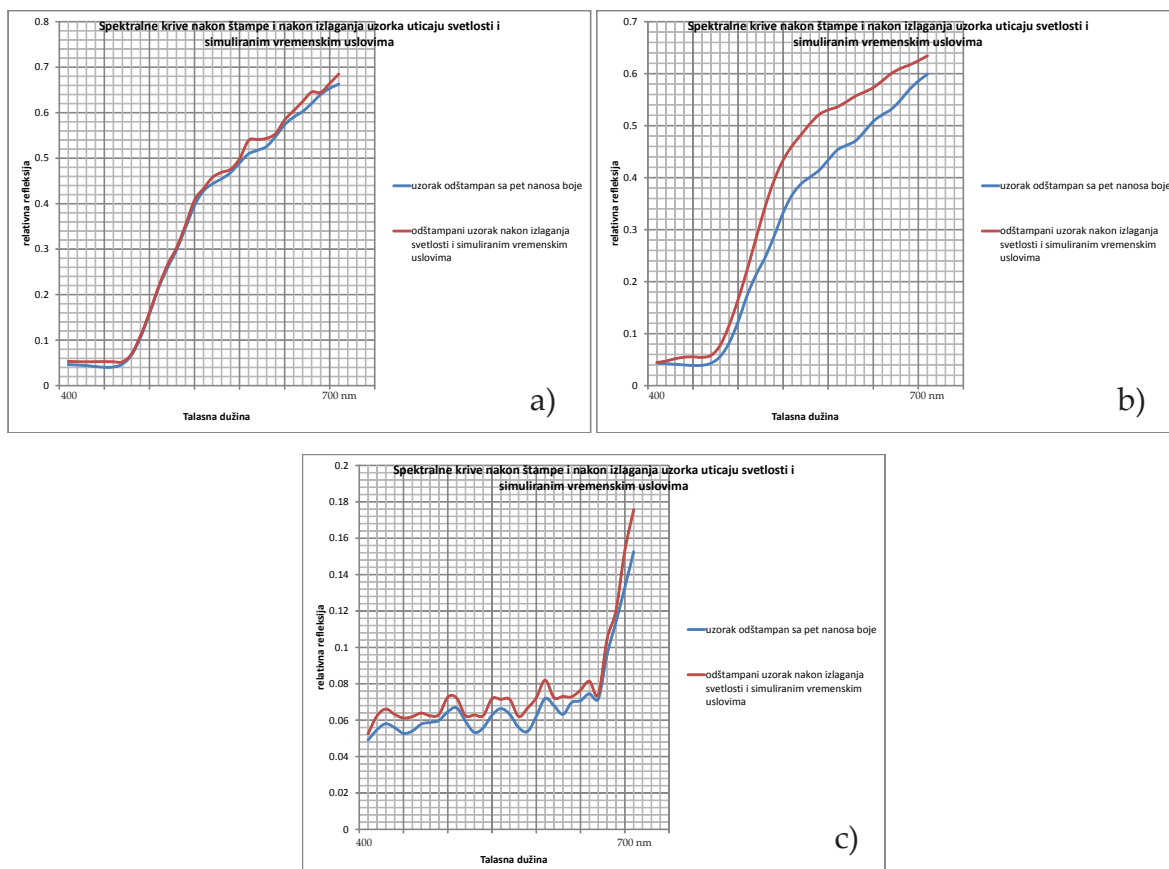


Slika 8.2.3.2. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom, pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Kod svih materijala pri izlaganju svetlosti došlo je do promene reflektivnosti površine. Svetlost je praktično delovala na boju koja se nalazila na površini. Kako je deo boje pri tom dejstvu nestao povećana je reflektivnost površine. Maksimalna spektralna osetljivost je i dalje u crvenom delu spektra.

Kao i u analizi uzoraka odštampanih cijan i magenta bojom i u analizi uzoraka odštampanih žutom i crnom bojom, pretilo se koliko će uticaj svetlosti uticati na reflektivnost površine uzoraka odštampanih sa pet nanosa boje.

Na slikama 8.2.3.3 a, 8.2.3.3 b i 8.2.3.3 c je dat prikaz promene spektralnih krivih pri uticaju svetlosti na uzorke odštampane žutom bojom.



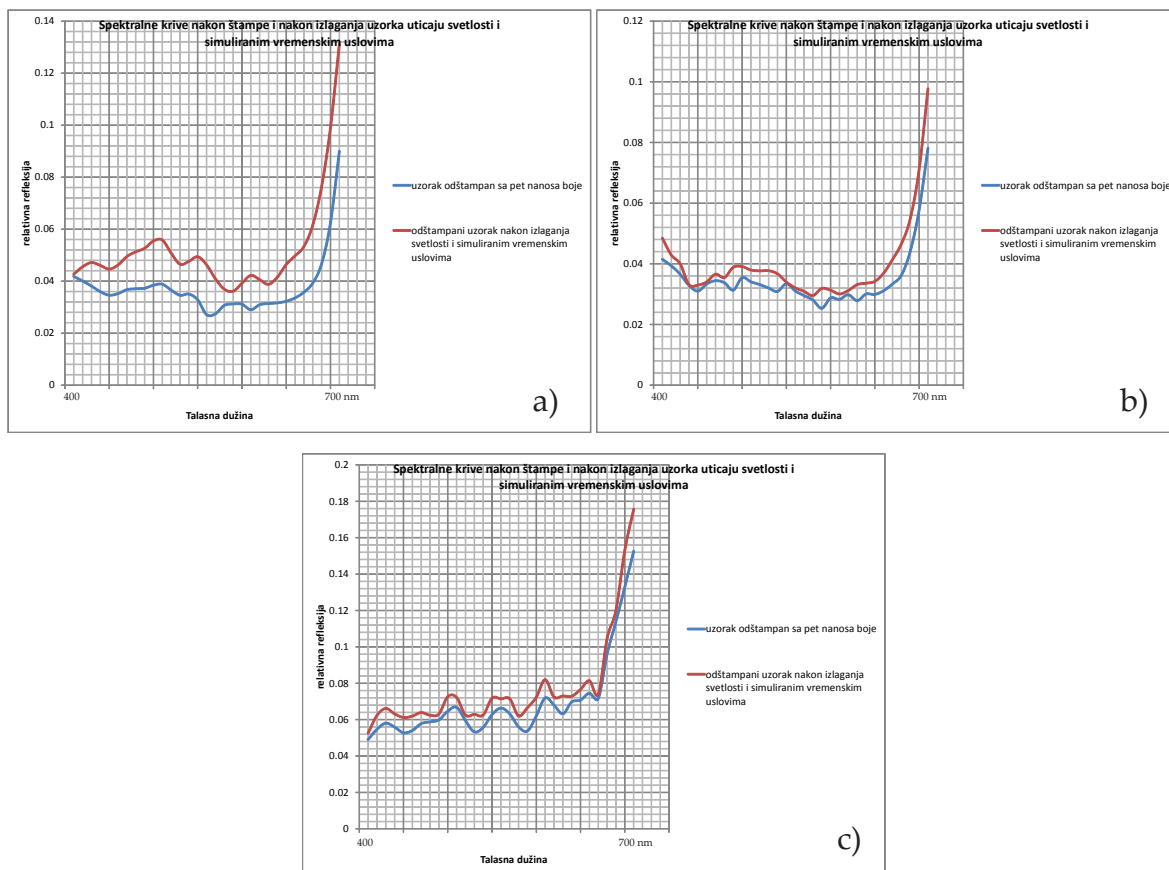
Slika 8.2.3.3. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom, pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Sa ovih slika se vidi da su sve krive zadržale svoj oblik i da im je maksimum spektralne osetljivosti i dalje u crvenom delu spektra. Pri uticaju svetlosti došlo je do povećanja reflektivnosti površine jer je svetlost uticala na količinu boje koja se nalazila na površini.

Prikaz spektralnih krivih za uzorke odštampane crnom bojom nakon izlaganja svetlosti je dat na slikama 8.2.3.4 a, 8.2.3.4 b i 8.2.3.4 c.

Kao i u svim dosadašnjim analizama i ovde se pratila promena spektralnih krivih na uzorcima odštampanim sa pet nanosa crne boje pre i posle izlaganja svetlosti.

Sa ovih slika se vidi da je i kod uzoraka odštampanih crnom bojom došlo do promene relativne refleksije, ali krive i dalje zadržavaju svoj oblik. Maksimalna spektralna osetljivost je i dalje u crvenom delu spektra.



Slika 8.2.3.4. Poređenje spektralnih krivoa uzoraka odštampanih crnom bojom, pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Rezultati spektrofotometrijskih merenja za sve uzorke pokazali su da će izlaganje uzoraka svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima dovesti do povećanja reflektivnosti površine. Do povećanja reflektivnosti površine dolazi jer se deo boje uklanja sa površine te samim tim površina postaje reflektivnija.

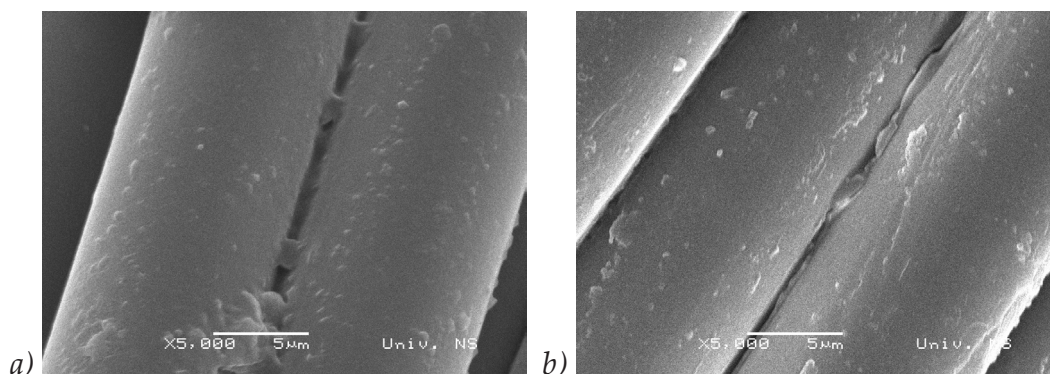
Interesantno je da se ovakvom analizom autori nisu koristili u svojim istraživanjima. Njihova istraživanja su se obično odnosila na vizuelne ocene uzoraka nakon izlaganja svetlosti.

8.2.4. SEM analiza uzoraka nakon izlaganja svetlosti

Mikoskopska SEM analiza uzoraka nakon izlaganja svetlosti predstavljena je u nastavku. Kao reprezentativni uzorak uzet je uzorak odštampan sa pet nanosa cijan boje, te se pratilo koliko će izlaganje svetlosti da utiče na njega. Preostali snimci, kako za različite nanose boje, tako i sa različitim uvećanjima predstavljeni su zbog nedostatka prostora u prilogu P 3.

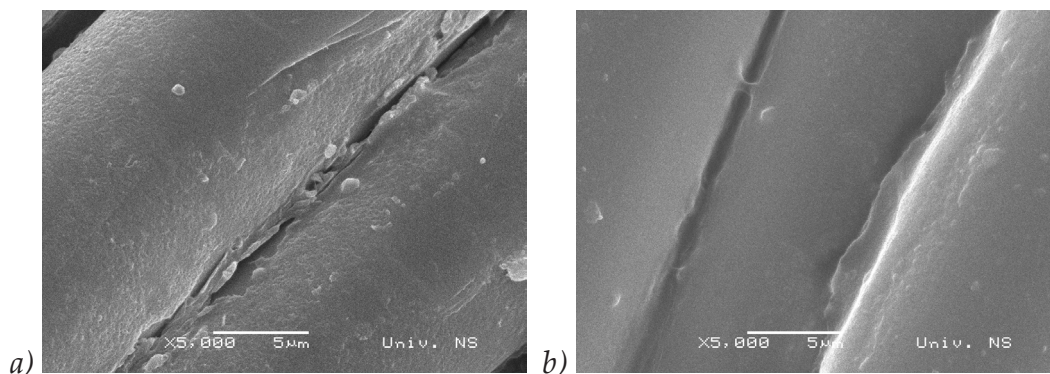
Na slici 8.2.4.1 b je dat mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima.

Ukoliko se uporedi ovaj mikroskopski snimak sa mikroskopskim snimkom uzorka nakon štampe sa pet nanosa boje (slika 8.2.4.1 a) uočiće se da je nakon izlaganja uzorka ovom uticaju deo boje otpao sa površine te se time mogu potvrditi i dobijeni rezultati. Opadanjem boje sa površine ona je postala glađa.



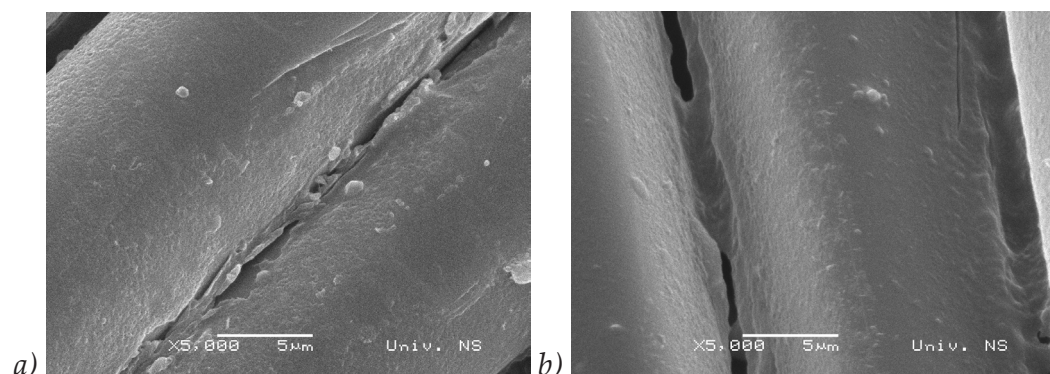
Slika 8.2.4.1 Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa pet nanosa boje:
 a) nakon štampe, b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama -
 materijal 1 (5000 x uvećanje)

Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa pet nanosa boje na materijalu 2 nakon njegovog izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima je predstavljen na slici 8.2.4.2 b. Ukoliko se uporedi sa slikom 8.2.4.2 a jasno se vidi da izlaganje ovim uticajima dovodi do smanjenja količine boje na vlaknima. Predstavljeno je uvećanje od 5000 x.



Slika 8.2.4.2. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa pet nanosa boje:
 a) nakon štampe, b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama -
 materijal 2 (5000 x uvećanje)

Na slici 8.2.4.3 b je dat mikroskopski snimak sa uvećanjem od 5000 x, uzorka sa pet nanosa boje odštampalog na materijalu 3. Ukoliko se uporedi sa slikom 8.2.4.3 a može se videti da je i u ovom slučaju izlaganje ovim uticajima dovelo do opadanja boje sa vlakana uzorka. Preostali mikroskopski snimci su dati u prilogu P 3.



Slika 8.2.4.3. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa pet nanosa boje:
 a) nakon štampe, b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama -
 materijal 3 (5000 x uvećanje)

8.3. Rezultati merenja uzoraka nakon procesa pranja

U eksperimentu su vršena pranja odštampanih tekstilnih uzoraka pri čemu je proces vršen prema standardu ISO 105-C01 (40°C, 30 min). Na svaki od uzoraka delovali su različiti faktori u skladu sa datim standardom. Menjanje boje uzorka i obojavanje belih kontrolnih površina se ocenjuje pre i posle delovanja i to vizuelno upoređivanjem sa sivim skalama u skladu sa standardom SIST EN 20105-A02:1996 i SIST EN 20105-A03:1996 ili uz pomoć spektrofotometra prema standardu SIST EN ISO 105-A05:1999 i SIST EN ISO 105-A04:1999.

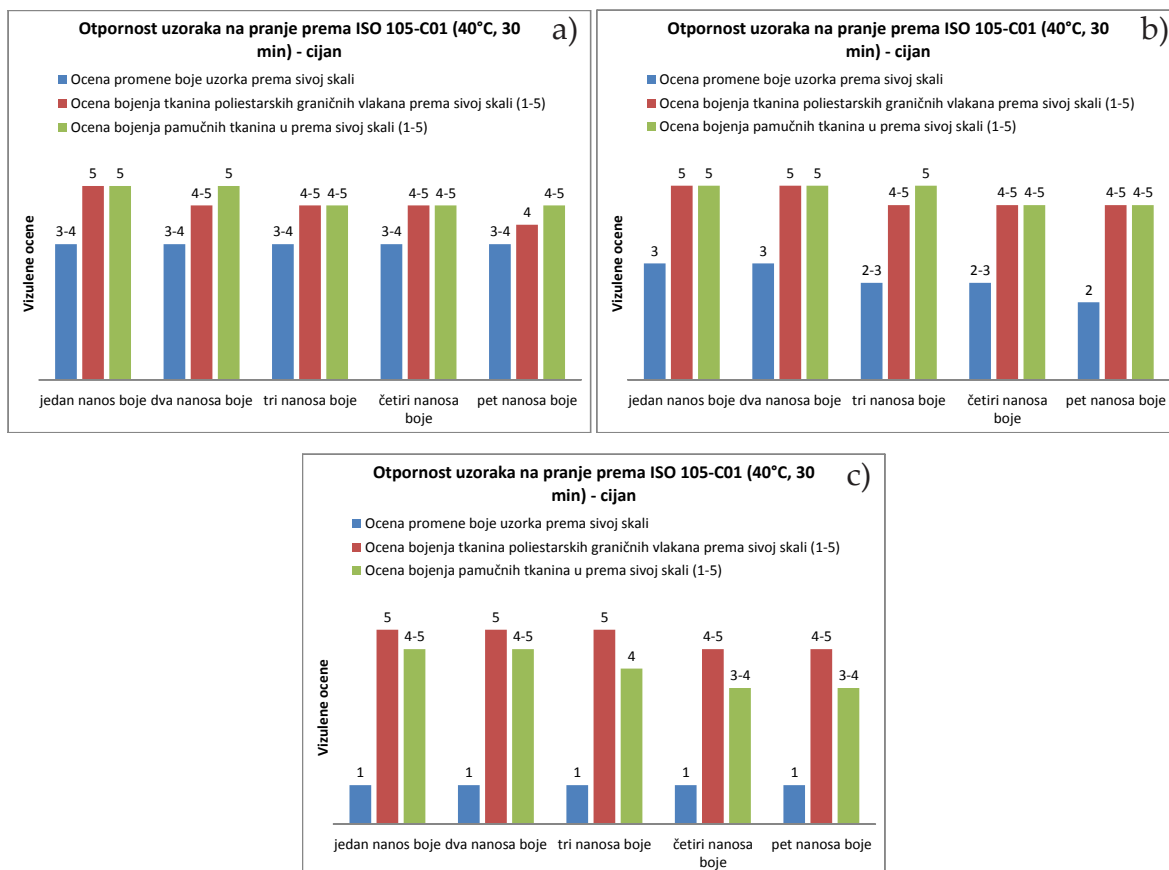
8.3.1. Vizuelne ocene

Vizuelne ocene otpornosti obojenja na pranje predstavljena su u nastavku. Prvo su analizirani uzorci odštampani cijan bojom (slika 8.3.1.1 a, 8.3.1.1 b i 8.3.1.1 c).

Ukoliko se posmatraju uzorci koji su odštampani cijan bojom na materijal 1 rezultati su pokazali sledeće (slika 8.3.1.1 a): najvažniji element u ovoj analizi, a to je promena boje uzorka prema sivoj skali u svim slučajevima je imao ocenu 3-4, te se može zaključiti da povećanje broja nanosa boje pri štampi neće izazvati nikakve promene na ovim uzorcima u procesu pranja. Ipak povećanje broja nanosa boje izazvalo je promene na tkaninama poliestarskih i pamučnih graničnih vlakana. Ukoliko se govori o poliestarskim graničnim vlaknima, može se uočiti da se sa ocene 5 za uzorak odštampan sa jednim nanosom boje smanjuje do ocene 4 za uzorak dobijen štampom sa pet nanosa boje. Uzorci odštampani sa dva, tri i četiri nanosa boje su imali ocenu 4-5. Ocene bojenja graničnih pamučnih tkanina bile su neznatno veće. Dobijeni rezultati iznosili su 5 za uzorke dobijene štampom sa jednim i dva nanosa boje i 4-5 za sve preostale uzorke.

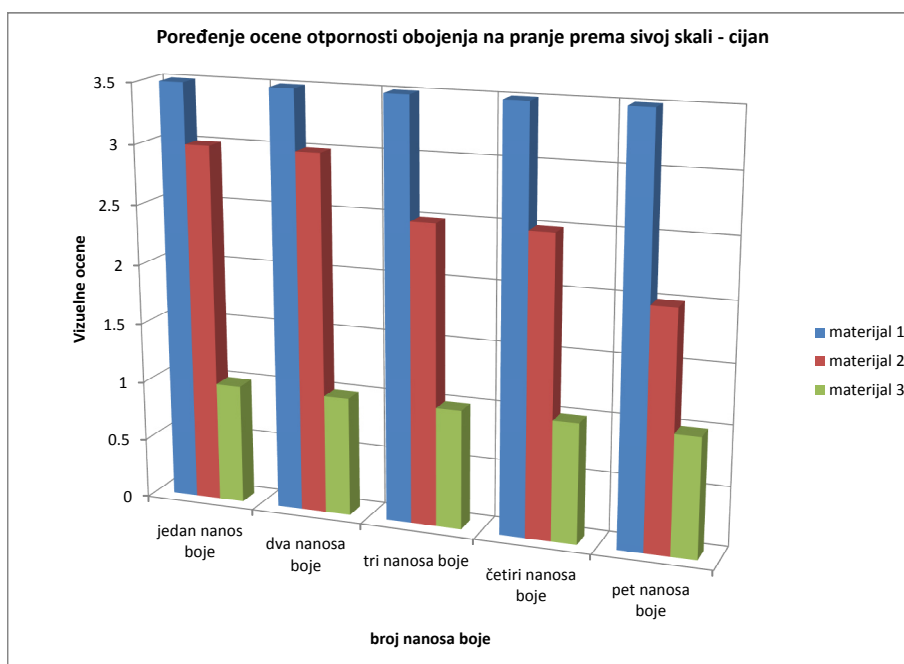
Analiza uzoraka odštampanih cijan bojom na materijalu 2 predstavljena je na slici 8.3.1.1 b. Sa ove slike se vidi da ocena promene osnovne boje opada sa povećanjem broja nanosa boje. U slučaju štampe sa jednim i dva nanosom boje zabeležena je ocena 3. Nakon toga uočava se trend opadanja otpornosti na pranje uzoraka (vrednost za uzorke odštampane sa tri i četiri nanosa boje je iznosila 2-3, a za uzorak dobijen štampom sa pet nanosa boje 2). Ocene za bojenje graničnih poliestarskih i pamučnih tkanina su bile znatno veće. Tako su ocene za bojenje tkanina poliestarskih graničnih tkanina iznosile 5 za uzorke odštampane sa jednim i dva nanosa boje i 4-5 za preostale uzorke. Pri ocenjivanju bojenja graničnih pamučnih tkanina ocena 5 zabeležena je kod uzorka odštampanih sa jednim, dva i tri nanosa boje dok je ocena 4-5 ostvarena kod uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje.

Na slici 8.3.1.1 c predstavljena je analiza uzoraka odštampanih cijan bojom na materijalu 3. Sa nje se vidi, da je otpornost ovog materijala na proces pranja veoma mala. Svi uzorci su imali vrednost 1 za ocenu promene boje uzoraka. Ocena bojenja tkanina poliestarskih graničnih vlakana je bila 5 kod uzoraka odštampanih sa jednim, dva i tri nanosa boje. U preostala dva slučaja ta vrednost se smanjila i iznosila je 4-5. Vrednosti za ocenu bojenja graničnih pamučnih tkanina kod ovih uzoraka su bile manje i iznosile su 4-5 kod uzoraka odštampanih sa jednim i dva nanosa, 4 kod uzoraka odštampanih sa tri nanosa i 3-4 kod uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje.



Slika 8.3.1.1. Otpornost uzoraka na pranje - cijan: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Poređenje ocene otpornosti sva tri materijala data je na slici 8.3.1.2. Poređenje je izvršeno samo za promenu osnovne boje, pošto je to najznačajniji element u ovim ispitivanjima.



Slika 8.3.1.2. Poređenje ocene otpornosti obojenja na pranje za različite materijale - cijan

Slika je pokazala da je najotporniji materijal na proces pranja bio materijal 1, dok je najmanju otpornost na proces pranja imao materijal 3. Uzorci odštampani na tim materijalima imali su konstantnu vrednost, dok je kod uzoraka odštampanih na materijalu 2 opadala ocena otpornosti obojenja sa povećanjem broja nanosa boje pri štampi.

Prema proizvođačima štampom ove boje na tekstilnim materijalima postiže se izuzetno velika otpornost na proces pranja. Ta vrednost po njima je 4-5, što je značajno veća vrednost od vrednosti koje su dobijene u eksperimentu.

Problematikom otpornosti uzoraka na pranje bavi se ogroman broj naučnika. Pošto je nemoguće predstaviti sva istraživanja u nastavku je pokazan samo mali deo dobijenih rezultata.

Kao što je i očekivano svi istraživači žele da uzorci nakon procesa pranja imaju što manju promenu boje. Da bi se to ostvarilo koriste se različiti pristupi.

Fang i Zhang (2009) su probali plazma tretmanom podloge pre Ink jet štampe da poboljšaju otpornost uzoraka na pranje. Kao podloga je korišćen tekstilni materijal sa 100 % poliestarskim sastavom i sa 62 g/m² površinske mase. Ovim tretmanom nisu uspeali da povećaju ocenu otpornosti na pranje. Ona je ostala kao i pre tretmana 4-5.

Katjonskim tretiranjem (Chen i ostali, 2004) uspeali su da povećaju otpornost uzoraka odštampanih cijan bojom sa 4 na 4-5. Kao što se vidi u ovom slučaju tretiranje je dalo dobre rezultate za uzorke odštampane cijan bojom kada je u pitanju otpornost do pranje, dok dobri rezultati u tom radu nisu postignuti kada se testirala otpornost na svetlost.

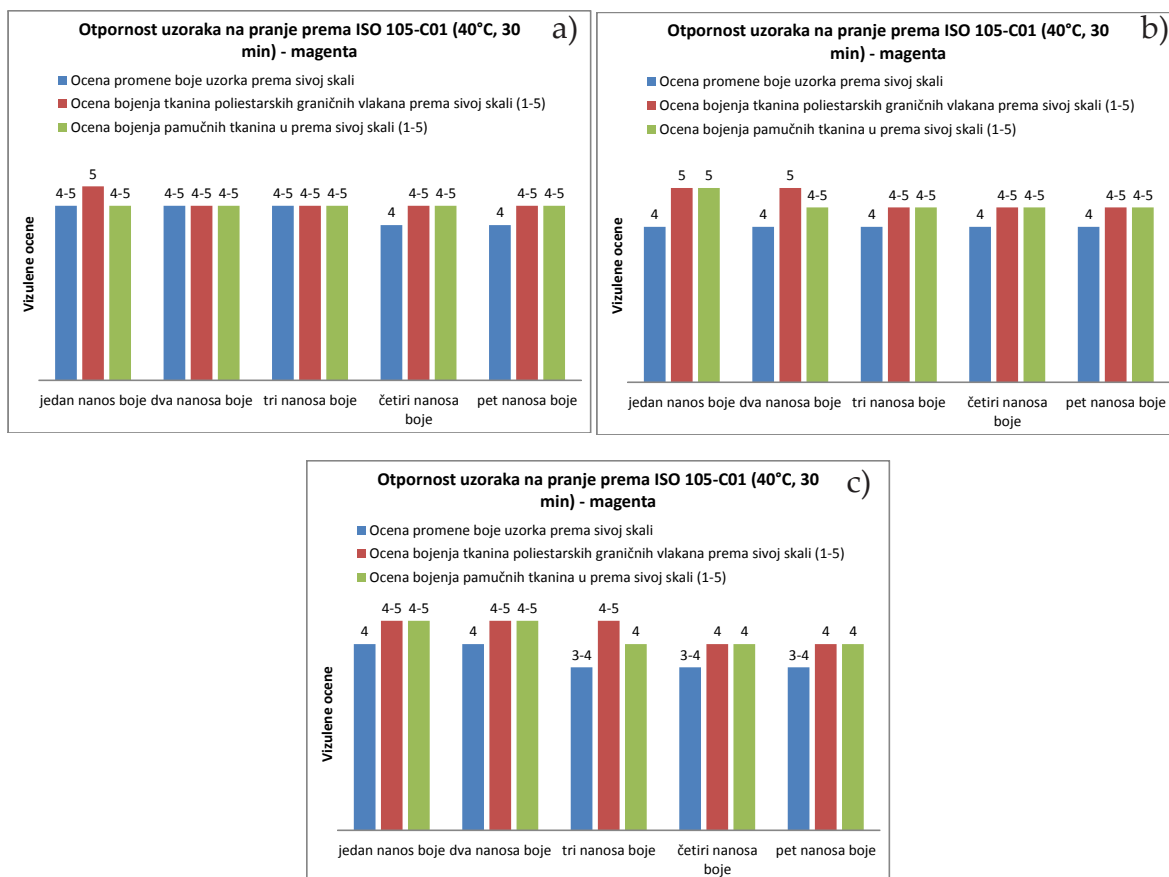
Tretmanom materijala pre štampe (100 % pamuk) chitosanom ostvaruje se takođe povećanje otpornosti uzoraka odštampanih cijan bojom. Ocena otpornosti obojenja je povećana sa 4 na 4-5 (Yuen i ostali, 2007).

Kao što se vidi iz rada Chen i ostali, 2004 uvek je moguće da neko dejstvo na materijale ne poboljša otpornost na sve uticaje. U ovom eksperimentu je došlo do toga kod uzoraka odštampanih cijan bojom. Pozitivni uticaj na otpornost na svetlost je doneo negativan na otpornost uzoraka na pranje.

Analiza uzoraka odštampanih magentom na materijalu 1 je predstavljena na slici 8.3.1.3 a. Sa slike se može uočiti da je povećanje broja nanosa boje u štampi dovelo do smanjenja ocene za promenu boje uzorka prema sivoj skali. Tako se prvobitna ocena 4-5 za uzorke odštampane sa jednim, dva i tri nanosa boje smanjila na ocenu 4 za uzorke dobijene štampom sa četiri i pet nanosa boje. Ova pojava bi mogla da se poveže sa K/S vrednostima, pošto su uzorci odštampani sa četiri i pet nanosa imali veće vrednosti što je dovodilo do toga da veća količina čestica boje u procesu pranja spadne. Povećanjem broja nanosa boje dolazilo je i do smanjenja vrednosti za bojenje tkanina poliestarskih graničnih vlakana, te je najveća vrednost zabeležena kod uzorka dobijenih štampom sa jednim nanosom boje i iznosila je 5. Za ostale uzorke ta vrednost je iznosila 4-5. Interesantno je da povećanje broja nanosa boje nije dovelo do smanjenja ocena bojenja graničnih pamučnih tkanina i za sve uzorke zabeležena je vrednost 4-5.

Analiza uzoraka odštampanih magentom na materijalu 2 predstavljena je na slici 8.3.1.3 b. Sa slike se vidi da je vrednost za promenu osnovne boje u svim slučajevima iznosila 4. Vrednosti za ocenu bojenja graničnih poliestarskih tkanina iznosile su 5 (pri štampi sa jednim i dva nanosa boje) i 4-5 u preostala tri slučaja. Vrednosti za ocenu bojenja graničnih pamučnih tkanina su bile skoro identične sem u slučaju štampe sa dva nanosa boje gde je zabeležena vrednost 4-5.

Uzorci odštampani magentom na materijalu 3 pokazali su se manje otpornim u poređenju sa uzorcima dobijenim štampom na materijalima 1 i 2 (slika 8.3.1.3 c). Vrednost za promenu osnovne boje iznosila je 4 kod uzoraka odštampanih sa jednim i dva nanosa boje i 3-4 kod preostalih uzoraka. Ocena bojenja graničnih poliestarskih tkanina iznosila je 4-5 za uzorke odštampane sa jednim, drugim i trećim nanosom boje i 4 za uzorke odštampane sa četiri i pet nanosa boje. Ocene bojenja graničnih pamučnih tkanina su slične i iznosile su 4-5 u prva dva slučaja i 4 za preostala tri.

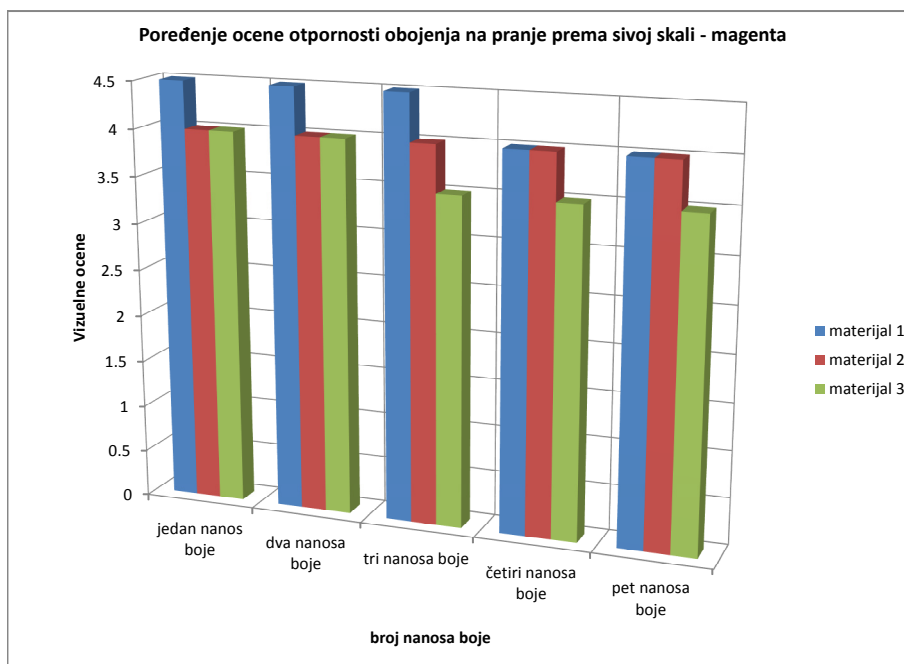


Slika 8.3.1.3. Otpornost uzoraka na pranje - magenta: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Poređenje ocene otpornosti obojenja na materijalima odštampanim magenta bojom predstavljeno je na slici 8.3.1.4.

Sa ove slike se vidi da je otpornost uzoraka na proces pranja najveća kod uzoraka odštampanih na materijalu 1. Nešto manja, ali ujednačena za sve uzorke je otpornost obojenja uzoraka odštampanih na materijalu 2. Najmanje otporni su uzorci koji su odštampani na materijalu 3. Taj uzorak ima najveću površinsku masu i gustinu

pletanja. Ocena otpornosti obojenja na pranje prema proizvođaču za boje koje su korišćene u eksperimentu je 4-5 što je jedino postignuto pri štampi sa jednim, dva i tri nanosa boje na materijal 1. Ostale vrednosti su niže.



Slika 8.3.1.4. Poređenje ocene otpornosti obojenja na pranje za različite materijale - magenta

Kao i u analizi istraživanja uticaja pranja na cijan boju i ovde je posebna pažnja posvećena tretiranju podloge pre štampe.

Yuen i ostali, 2007 su tretmanom materijala pre štampe (100 % pamuk) chitosan ostavili povećanje otpornosti uzoraka odštampanih magenta bojom sa 4 na 4-5.

Katjonskim tretiranjem (Chen i ostali, 2004) isto su uspeli su da povećaju otpornost uzoraka odštampanih magenta bojom sa 4 na 4-5. Kod ovog rada poboljšanje otpornosti magenta boje na pranje je izazvalo smanjenje otpornosti istih uzoraka na svetlost.

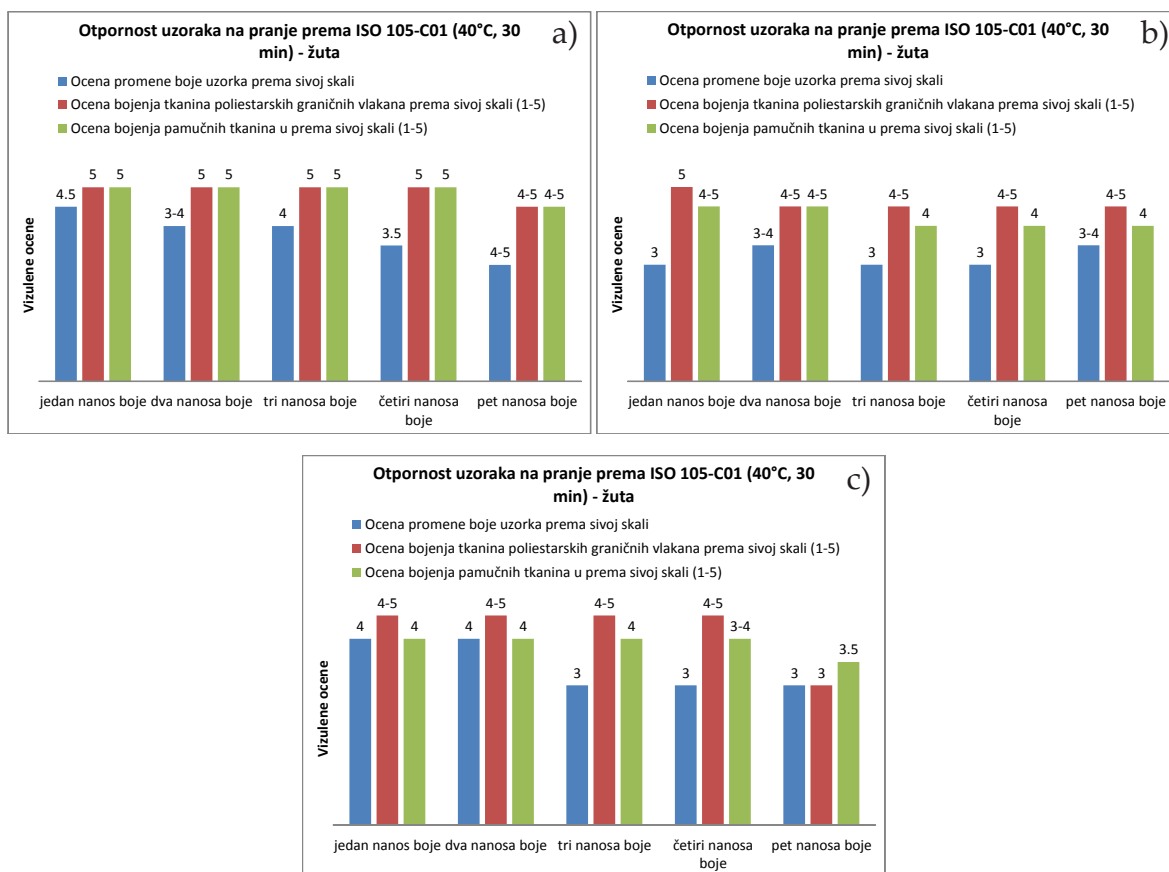
Analiza uzoraka odštampanih žutom bojom na materijalima 1, 2 i 3 predstavljene su na slikama 8.3.1.5 a, 8.3.1.5 b i 8.3.1.5 c.

Uzorci odštampani žutom bojom po pitanju promene boja uzorka ponašali su se slično uzorcima odštampanih cijanom i magentom. Vrednost za uzorak odštampan na materijalu 1 sa jednim nanosom boje iznosila je 4-5, a za uzorke odštampane sa dva i tri nanosa boje 4 (slika 8.3.1.5 a). Vrednost 3-4 je zabeležena kod štampe sa četiri nanosa boje, dok je najmanja vrednost ostvarena štampom na uzorku sa pet nanosa boje i iznosila je 3. Povećanje broja nanosa boje je uslovalo i opadanje ocena bojenja tkanina poliestarskih i pamučnih graničnih vlakana. U prva četiri slučaja zabeležena je ocena 5, da bi se pri štampi sa pet nanosa boje zabeležila ocena 4-5.

Analiza uzoraka odštampanih različitim nanosima boje na materijalu 2 je predstavljena na slici 8.3.1.5 b. Vrednost 3-4 je zabeležena kod uzoraka dobijenih štampom

sa jednim i dva nanosa boje, a 3 kod ostalih uzoraka koji su dobijeni štampom sa većim brojem nanosa boje. Ocene za bojenje tkanina graničnih poliestarskih vlakana bile su veće i iznosile su 5 sa jednim nanosom boje i 4-5 za ocene uzoraka odštampane sa dva, tri, četiri i pet nanosa boje. Kada se gleda ocena bojenja pamučnih graničnih tkanina uzoraka odštampanih sa različitim brojem nanosa boje pri izlaganju procesu pranja uočava se da su vrednosti iznosile 4-5 za uzorke odštampane sa jednim i dva nanosa boje i 4 za preostala tri slučaja.

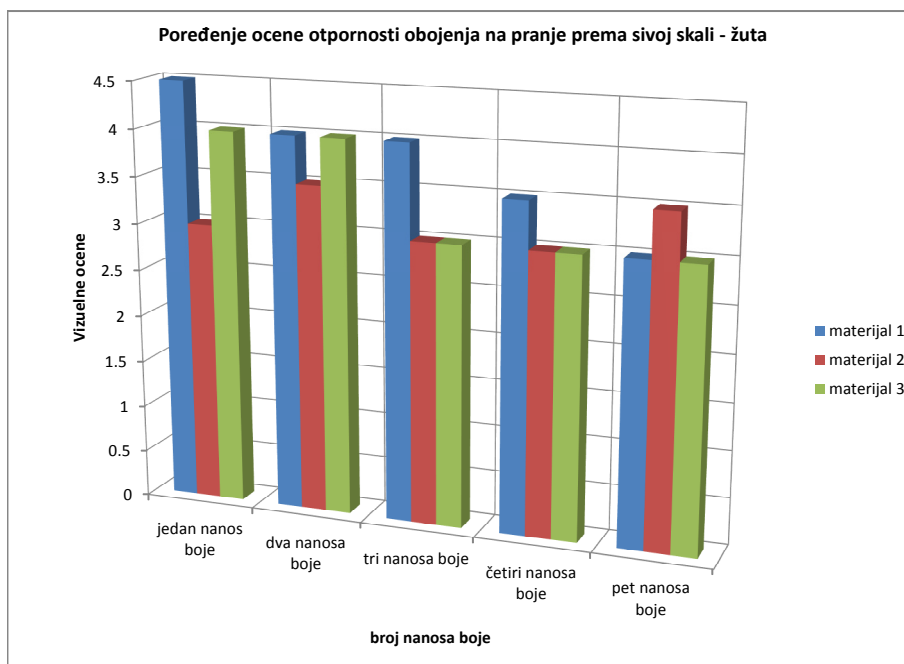
Uzorci odštampani žutom bojom na materijalu 3 (slika 8.3.1.5 c) nakon izlaganja procesu pranja, dobili su ocene slične ocenama uzoraka odštampanih na materijalu 2. Te vrednosti su ipak manje od vrednosti dobijenih štampom sa različitim brojem nanosa boje na materijalu 1. Pri štampi sa jednim i dva nanosa boje zabeležena je ocena 4, dok je u preostala tri slučaja ta vrednost iznosila 3-4. Ocena bojenja tkanina poliestarskih graničnih vlakana iznosila je 4-5 pri štampi sa jednim, dva, tri i četiri nanosa boje i 3 pri štampi sa pet nanosa boje. Niže vrednosti zabeležene su kod ocene bojenja graničnih pamučnih tkanina za uzorke odštampane sa jednim, dva, tri i četiri nanosa boje i iznosile su 4. Vrednost uzorka odštampanog sa pet nanosa boje iznosila je 3-4.



Slika 8.3.1.5. Otpornost uzoraka na pranje - žuta:
a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Na slici 8.3.1.5 je dato poređenje otpornosti obojenja za sva tri materijala. Sa slike se vidi da najveću otpornost obojenja imaju uzorci odštampani na materijalu 1, a po- sle njega uzorci odštampani na materijalu 3. Interesanto je da su se uzorci odštam-

pani na materijalu 1 do sada najbolje pokazali pri analizi svih boja. Ocena otpornosti obojenja na pranje koju su proizvođači boje predvideli postignuta je samo u slučaju štampe sa jednim nanosom boje na materijal 1. Ta ocena je iznosila 4-5.



Slika 8.3.1.6. Poređenje ocene otpornosti obojenja na pranje za različite materijale - žuta

Ukoliko se rezultati ovih istraživanja uporede sa aktuelnim istraživanjima iz ove oblasti zapaziće se da se autori bave tretiranjem podloge kako bi postigli što veću otpornost na proces pranja. Tako su pomoću plazma tretmana majice 100 % polipropilenskog sastava Nasadil i Benešovsky (2008) uspeali da povećaju otpornost na pranje sa 1-2 na 2-3.

Yuen i Kan, 2007 su koristili druge vrste boja i drugu podlogu (100 % pamuk), ali su takođe uspeali da povećaju otpornost obojenja na uticaj pranja sa 4 na 4-5, dok su Bhatti i ostali, 2010 gama zračenjem materijala povećali otpornost sa 3 na 5.

Chen i ostali, 2004 su takođe uspeali da ostvare maksimalnu otpornost uzoraka na pranje, ali katjonskim tretiranjem. Ocena je povećana sa 4-5 na 5.

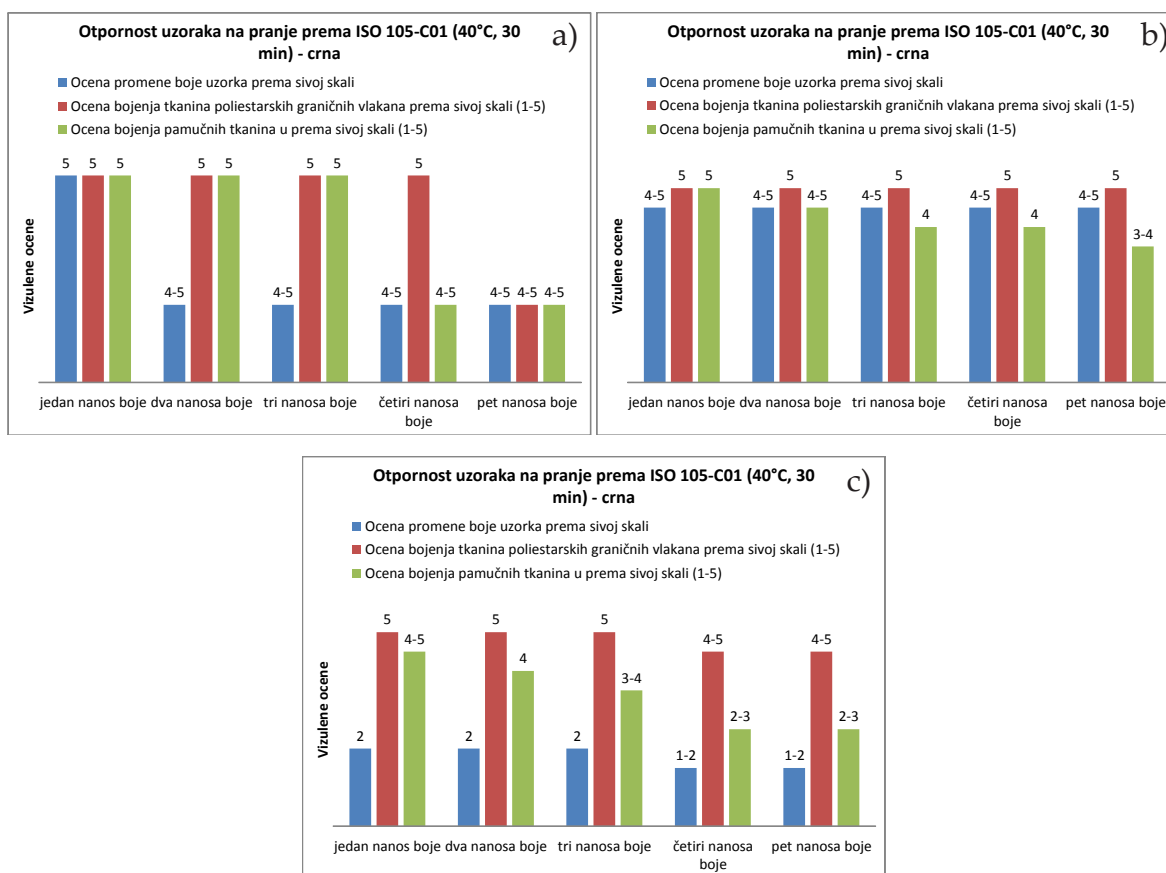
Poslednja analizirana grupa uzoraka su bili uzorci odštampani crnom bojom na materijalima 1, 2 i 3.

Povećanje broja nanosa crne boje prilikom štampe na uzorcima materijala 1 je dovelo do pada ocene promene boje uzorka (slika 8.3.1.7 a). U slučaju štampe sa jednim nanosom boje zabeležena je ocena 5, dok se sa povećanjem broja nanosa boje, ta ocena umanjila i iznosila je 4-5 za štampu sa dva, tri, četiri i pet nanosa boje. Očigledno je da je povećanje K/S vrednosti dovelo do smanjenja otpornosti obojenja na pranje. Ocena bojenja tkanina poliestarskih graničnih vlakana je u prva četiri slučaja zabeležila visoke vrednosti koje su iznosile 5, da bi u petom slučaju ta vrednost opala na 4-5. Slično ponašanje je zabeleženo pri oceni bojenja pamučnih graničnih tkanina prema sivoj skali. Jedina razlika je to što se maksimalna ocena 5, zabeležila u prva tri slučaja, tj. kod uzoraka koji su odštampani sa jednim,

dva i tri nanosa crne boje. Vrednost 4-5 je zabeležena kod uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje.

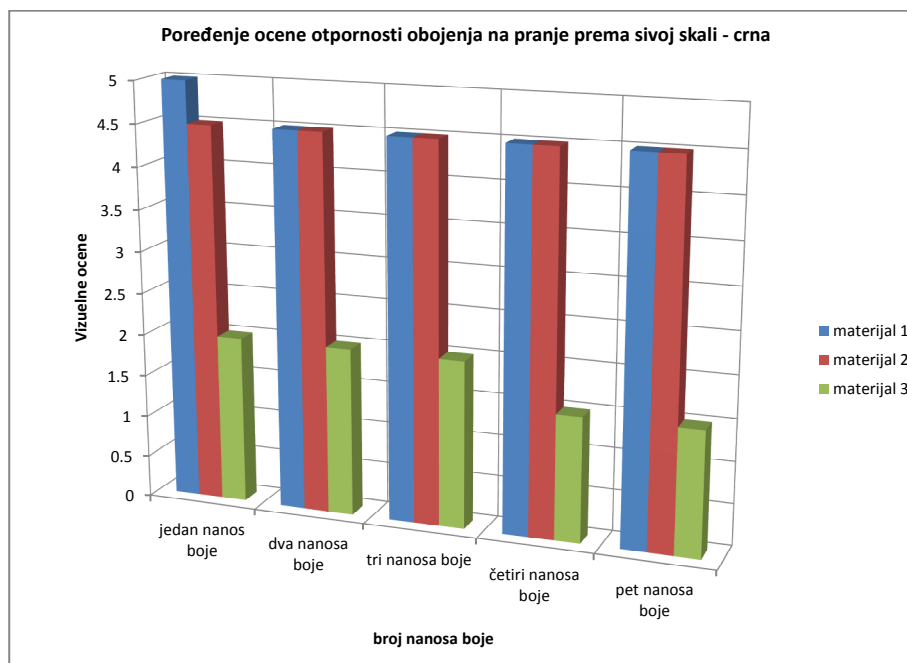
Ponašanje uzoraka odštampanih sa različitim nanosima crne boje na materijalu 2 predstavljeno je na slici 8.3.1.7 b. Sa nje se vidi da je ocena promene osnovne boje nakon izlaganja procesu pranja iznosila 4-5 bez obzira na povećanje broja nanosa boje. Ocena bojenja tkanina poliestarskih graničnih vlakana u svim slučajevima iznosila je 5. Niže vrednosti su zabeležene u ocenjivanju bojenja pamučnih graničnih tkanina. Iznosile su 5 (uzorak odštampan sa jednim nanosom boje), 4-5 (uzorak dobijen štampom sa dva nanosa boje), 4 (uzorci odštampani sa tri i četiri nanosa boje) i 3-4 (uzorak dobijen štampom sa pet nanosa boje).

Uzorci odštampani crnom bojom na materijalu 3 manje su otporni nego uzorci odštampani istim uslovima na materijalima 1 i 2 (slika 8.3.1.7 c). Promena osnovne boje je iznosila 2 kod uzoraka odštampanih sa jednim, dva i tri nanosa boje. Još niža ocena je zabeležena za uzorke odštampane sa četiri i pet nanosa boje. Vrednost za njih iznosila je 1-2. Ocena bojenja graničnih poliestarskih tkanina je bila veća i iznosila je 5 za uzorke odštampane sa jednim, dva i tri nanosa boje. Niže vrednosti su zabeležene pri štampi uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje. Te vrednosti su iznosile 4-5. Vrednosti za ocenu bojenja graničnih pamučnih tkanina su bile niže. Te vrednosti su iznosile: 4-5 (uzorak odštampan sa jednim nanosom boje), 4 (uzorak odštampan sa dva nanosa boje), 3-4 (uzorak odštampan sa tri nanosa boje) i 2-3 (uzorci odštampani sa četiri i pet nanosa boje).



Slika 8.3.1.7. Otpornost uzoraka na pranje - crna: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Poređenje ocene otpornosti obojenja uzoraka odštampanih crnom bojom za različite materijale predstavljeno je na slici 8.3.1.8.



Slika 8.3.1.8. Poređenje ocene otpornosti obojenja na pranje za različite materijale - crna

Kao i u svim dosadašnjim analizama najveća otpornost je ostvarena kod uzoraka odštampanih na materijalu 1. Interesanta stvar je da je preporučena vrednost za proces pranja od proizvođača bila 4-5. To je ostvareno kod svih uzoraka odštampanih na materijalima 1 i 2, a čak je ocena otpornosti za uzorak odštampan sa jednim nanosom boje na materijalu 1 iznosila 5.

Chen i ostali, 2004 su analizirali otpornost na pranje za sve boje, pa su tako uspeli da katjonskim tretiranjem uzoraka povećaju otpornost uzoraka odštampanih crnom bojom sa 3-4 na 4.

Različitim kombinacijama gama zračenja Bhatti i ostali, 2011 su povećali otpornost uzoraka odštampanih crnom bojom sa 2-3 na 4-5, a Nasadil i Benešovský (2008) plazma tretmanom su povećali otpornost uzoraka odštampanih crnom bojom sa 2 na 4.

Činjenica je da je povećanje broja nanosa boje u ovom istraživanju ipak smanjilo otpornost uzoraka na pranje, ali su dosadašnja istraživanja pokazala da će poboljšanje nekih karakteristika neminovno uticati na smanjenje drugih.

8.3.2. Određivanje razlike boje između uzoraka pre i posle izlaganja procesu pranja

Spektrofotometrijska merenja, pomoću spektrofotometra HP 200 sa uglom posmatranja od 10^0 i osvetljenjem D65 izvršena su između odštampanih uzoraka i istih uzoraka nakon izlaganja procesu pranja. Određena je praktično samo promena boje uzoraka korišćenih u ispitivanju dok se merenja bojenja pamučnih i poliestarskih graničnih vlakana nisu mogla izvršiti.

Očekivalo se da uzorci koji su imali veću otpornost na proces pranja prema sivoj skali imaju manju vrednost za razliku boje.

U tabeli 8.3.2.1 data su poređenja između uzoraka odštampanih cijan bojom sa različitim nanosima boje pre i nakon izlaganja procesu pranja. Ukoliko se obrati pažnja na dobijene rezultate može se uočiti da povećanje broja nanosa cijan boje, povećava razliku boje između istog uzorka pre i posle izlaganja ovom uticaju. Važno je istaći da su sve vrednosti pripadale grupi masivnih razlika boje.

Tabela 8.3.2.1. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja procesu pranja cijan boja (materijal 1)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
1-1C	4.53	0.13	-2.63	2.55	1.4	5.24
1-2C	3.67	0.34	-4.16	4	2.7	5.56
1-3C	4.81	-0.33	-4.44	4.42	1.11	6.56
1-4C	6.46	-0.65	-5.13	5.17	0.59	8.28
1-5C	8.38	-0.6	-6.66	6.67	1.11	10.72

Vizuelne standardizovane ocene pokazale su da su uzorci odštampani cijan bojom na materijalu 2 u odnosu na materijal 1 manje otporni na proces pranja. To su pokazala i spektrofotometrijska merenja (tabela 8.3.2.2). Sve vrednosti za razliku boje između uzoraka pre i posle izlaganja procesu pranja pripadale su grupi masivnih razlika. Činjenica je takođe da je povećanje broja nanosa boje pri štampi kod uzoraka uslovalo i povećanje vrednosti za razliku boje nakon izlaganja procesu pranja.

Tabela 8.3.2.2. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja procesu pranja cijan boja (materijal 2)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
2-1C	5.4	-0.66	-8.06	8.05	1.38	9.72
2-2C	8.84	-1.23	-5.93	6.04	-1.06	10.72
2-3C	7.3	-1.08	-8.29	8.37	0	11.1
2-4C	9.3	-2.31	-9.59	9.78	-3.39	13.56
2-5C	8.95	-1.59	-10.78	10.88	-1.81	14.1

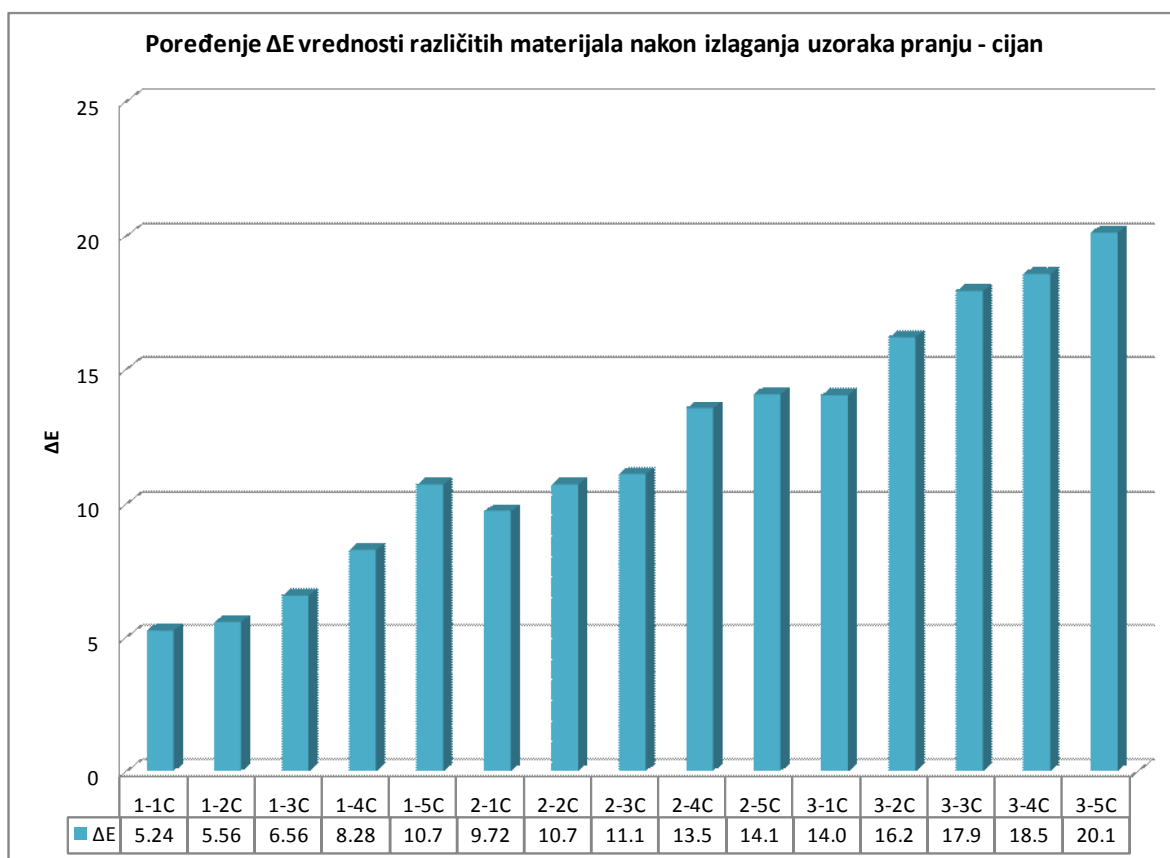
U tabeli 8.3.2.3 je dat prikaz merenja uzoraka odštampanih sa različitim brojem nanosa cijan boje na materijal 3. Uočava se da su u pitanju znatno veće vrednosti za razliku boje, nego pri analiziranju uzoraka odštampanih na materijalu 1 i 2. To su potvrdila i vizuelna standardizovana merenja. Sve dobijene vrednosti pripadaju grupi masivnih razlika boje. Naravno, sa povećanjem broja nanosa boje kod uzoraka, rasla je i vrednost za razliku boje nakon njihovog izlaganja procesu pranja.

Tabela 8.3.2.3. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja procesu pranja cijan boja (materijal 3)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
3-1C	12.47	-2.35	-6.07	6.29	-3.96	14.07
3-2C	16.06	0.02	-2.14	2.12	0.67	16.2
3-3C	17.32	-0.18	-4.66	4.66	0.47	17.94
3-4C	18.38	-1.57	-2.02	2.14	-3.42	18.56
3-5C	19.87	-0.2	3.15	-3.08	-1.78	20.12

Na slici 8.3.2.1 je dato poređenje vrednosti za razliku boje između uzoraka pre i posle pranja za sve materijale.

Dobijeni rezultati su pokazali veliko slaganje sa vizuelnim ocenama, pa su tako uzorci koji su imali najveću vrednost za otpornost na pranje prema svojoj skali imali najmanje vrednosti za razliku boje (materijal 1). Najveće vrednosti za razliku boje pre i nakon izlaganja procesu pranja imali su uzorci odštampani sa različitim nanosima cijan boje na materijal 3.



Slika 8.3.2.1. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka pre i posle izlaganja uticaju pranja - svi materijali (cijan)

Vrednosti za razliku boje dobijene poređenjem uzoraka nakon štampe i nakon izlaganja procesu pranja za različite brojeve nanosa magenta boje na materijal 1 predstavljene su u tabeli 8.3.2.4. Iz nje se vidi da povećanje broja nanosa boje dovodi do povećanja razlike boje između uzoraka pre i posle delovanja procesa pranja. Kada je u pitanju uzorak odštampan sa jednim nanosom boje, vrednost za razliku boje nakon njegovog izlaganja procesu pranja pripada srednjoj razlici koju može i neuvežbano oko primetiti. Grupi krupnih razlika boje pripadaju vrednosti za razliku boje koje se dobijaju izlaganjem uzoraka odštampanih sa dva i tri nanosa boje ovom uticaju, dok preostali uzorci pripadaju grupi masivnih razlika. Ovo bi se moglo protumačiti time da povećanje broja nanosa boje dovodi do većeg broja čestica boje na površina, te se samim procesom pranja otpadne veća količina boje.

Tabela 8.3.2.4. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja procesu pranja magenta boja (materijal 1)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
1-1M	1.55	2.8	-0.35	2.78	-0.54	3.22
1-2M	3.09	2.47	-0.73	2.44	-0.86	4.02
1-3M	1.45	4.55	-0.4	4.53	-0.74	4.8
1-4M	3.95	5.72	-0.22	5.7	-0.59	6.95
1-5M	3.68	7.47	-0.95	7.38	-1.83	8.38

Spektrofotometrijska merenja uzoraka odštampanih različitim nanosima magenta boje na materijalu 2 pokazala su da se nakon procesa pranja uzoraka dolazi do masivne razlike boje ukoliko se uporedi sa istim uzorkom pre pomenutog procesa. To je predstavljeno u tabeli 8.3.2.5.

Tabela 8.3.2.5. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja procesu pranja magenta boja (materijal 2)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
2-1M	3.95	6.31	-0.2	6.28	-0.63	7.45
2-2M	6.37	9.54	1.22	9.62	0.36	11.54
2-3M	5.56	10.31	1.28	10.39	0.15	11.79
2-4M	5.76	11.92	1.85	12.06	0.61	13.37
2-5M	6.1	12.01	1.96	12.15	0.78	13.61

Spektrofotometrijska merenja kod uzoraka odštampanih različitim brojem nanosa magenta boje na materijal 3 (tabela 8.3.2.6), a podvrgnutih procesu pranja pokazali su manju otpornost na taj proces u poređenju sa uzorcima odštampanim na materijalu 1 i 2. Sve dobijene vrednosti za razliku boja, između uzoraka pre i posle izlaganja procesu pranja pripadaju grupi masivnih razlika boje. Činjenica

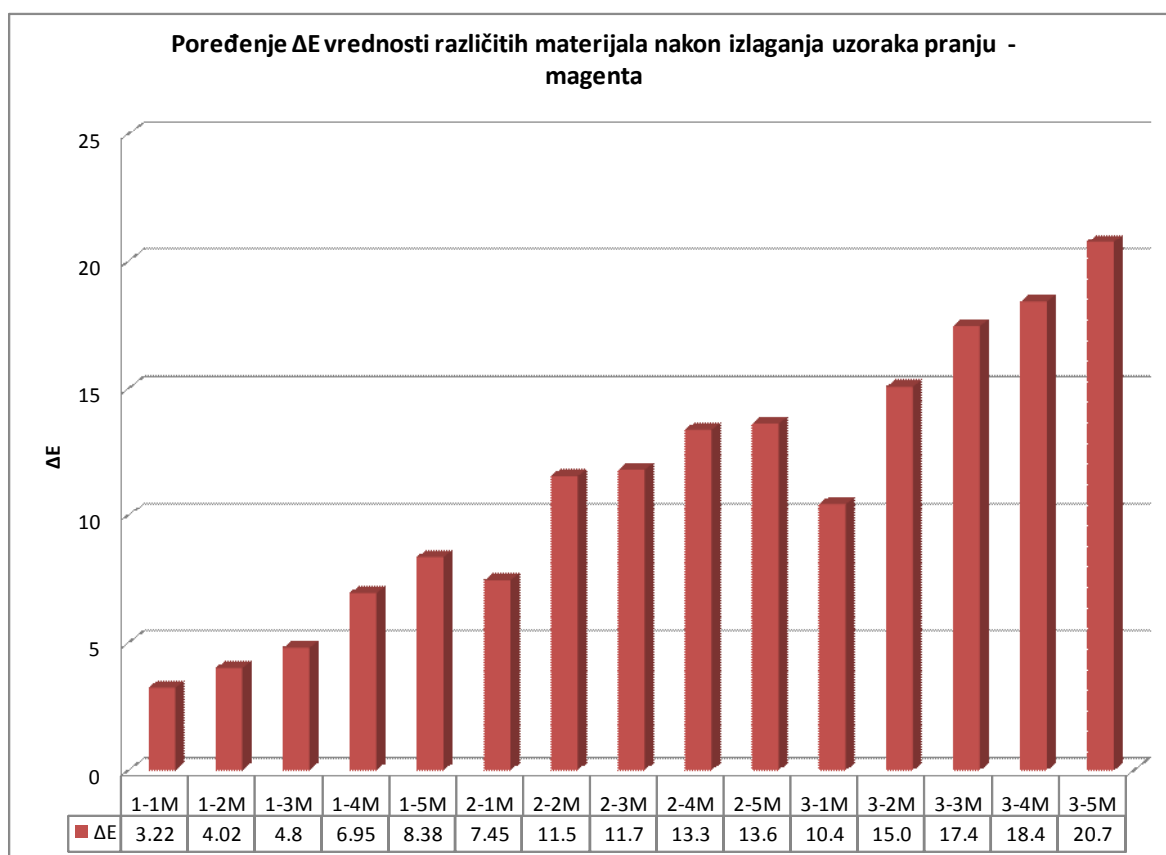
je da je sa povećanjem broja nanosa boje kod uzoraka, rasla i vrednost za razliku boje.

Tabela 8.3.2.6. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja procesu pranja magenta boja (materijal 3)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
3-1M	6.9	7.78	-1.08	7.8	-1.09	10.46
3-2M	13.62	5.79	-2.86	5.83	356.16	15.07
3-3M	6.95	16	-0.35	16	359.63	17.45
3-4M	6.52	17.2	-0.31	17.2	-0.48	18.4
3-5M	9.09	18.63	-0.91	18.6	-1.8	20.75

Prikaz poređenje vrednosti za razliku boje između uzoraka pre i posle pranja za sve materijale za magenta boju je dat na slici 8.3.2.2.

I ovde je pokazana velika tačnost vizuelnih ocena, pošto su očekivano najmanje vrednosti za razliku boje dobili uzorci odštampani na materijalu 1. Nešto veće vrednosti dobili su uzorci odštampani na materijalu 2. Vizuelne ocene su pokazale da su najmanje otporni na proces pranja uzorci koji su odštampani magenta bojom na materijalu 3 što su potvrdila i spektrofotometrijska merenja.



Slika 8.3.2.2. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka pre i posle izlaganja uticaju pranja - svi materijali (magenta)

Analiza uzoraka odštampanih sa različitim brojem nanosa žute boje na materijal 1 predstavljena je u tabeli 8.3.2.7. U ovom slučaju povećanje broja nanosa boje, dovodi do veće razlike boje kada se taj odštampani uzorak izloži procesu pranja. Sve dobijene vrednosti, osim vrednosti za razliku boje između uzorka koji je odštampan sa jednim nanosom žute boje pre i posle izlaganja procesu pranja pripadaju grupi masivnih razlika boje. Jedino je ta vrednost pripada grupi krupnih razlika boje.

Tabela 8.3.2.7. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja procesu pranja žuta boja (materijal 1)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
1-1Y	3.86	-0.86	2.85	2.81	1.1	4.88
1-2Y	4.85	-1.72	5.61	5.46	2.16	7.61
1-3Y	6.09	-3.18	5.46	5.13	3.53	8.78
1-4Y	8.13	-1.75	9.84	9.57	2.58	12.89
1-5Y	11.12	-3.2	11.59	11.15	3.93	16.38

Uzorci odštampani različitim nanosima žute boje na materijalu 2 nakon procesa pranja su prema vizuelnim ocenama bili manje otporni nego uzorci podvrgnuti istim uslovima, ali odštampani na materijalu 1. To su pokazala i spektrofotometrijska merenja, koja su zabeležila da je nakon procesa pranja došlo do masivne razlike u poređenju sa uzorkom pre izlaganja ovom procesu (tabela 8.3.2.8). Kao i u svim dosadašnjim analizama, povećanje broja nanosa boje pri štampi kod uzoraka je dovelo do veće razlike boje nakon procesa pranja. To se tumači time da veća količina boje otpadne u procesu pranja.

Tabela 8.3.2.8. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja procesu pranja žuta boja (materijal 2)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
2-1Y	4.15	-2.2	5.5	5.45	2.1	7.24
2-2Y	7.89	-3.03	7.04	6.85	2.96	11
2-3Y	11.69	-3.51	3.68	3.29	3.66	12.75
2-4Y	10.79	-3.61	11.12	10.8	3.86	15.92
2-5Y	13.9	-4.23	7.83	7.28	4.92	16.51

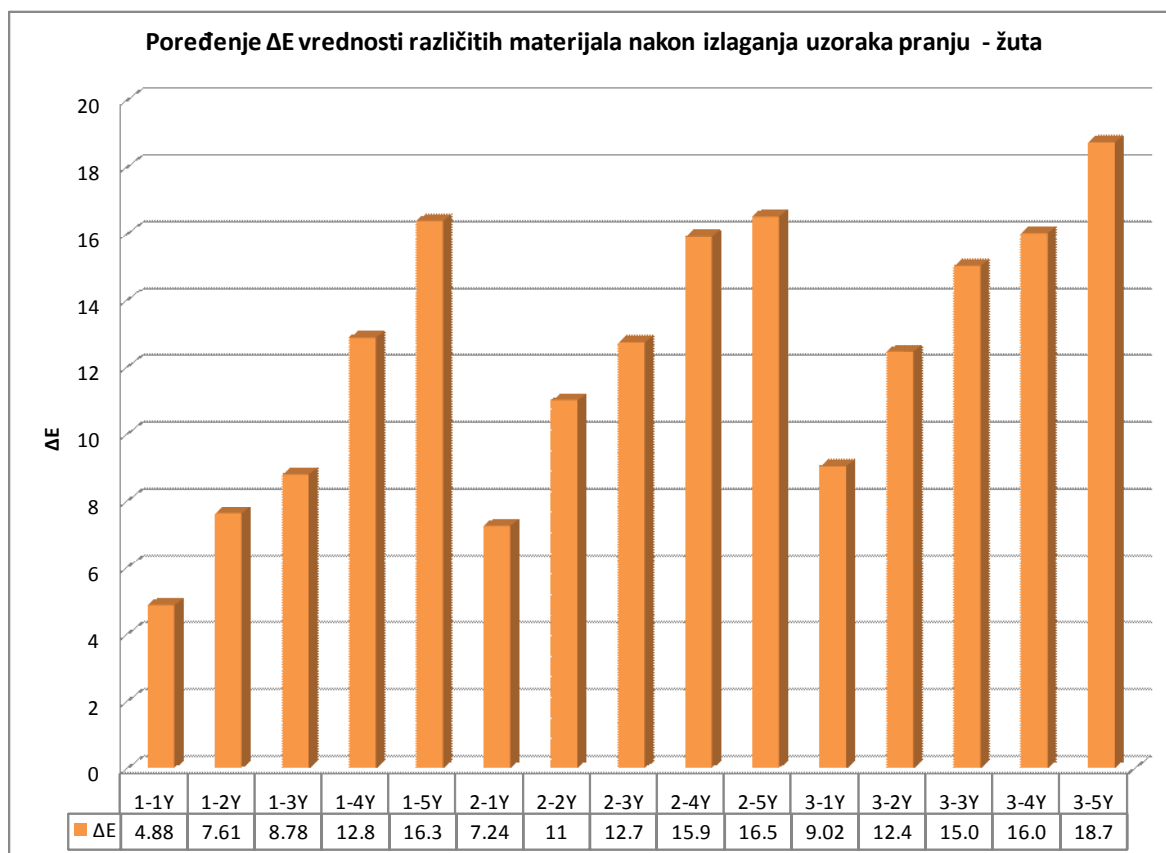
Sve vrednosti za razliku boje između uzoraka odštampanih sa različitim brojem nanosa boje i podvrgnutih procesu pranja pripadaju grupi masivnih razlika boje (tabela 8.3.2.9). U poređenju sa uzorcima odštampanim na materijalu 1 i 2, vrednosti za razliku boje su veće. Može se zaključiti da uzorci odštampani žutom bojom na materijalu 3 imaju manju otpornost na proces pranja nego uzorci odštampani istom bojom na materijalima 1 i 2. Povećanjem broja nanosa boje kod uzoraka, raste i vrednost za razliku boje kada se porede uzorci pre i posle procesa pranja.

Tabela 8.3.2.9. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja procesu pranja žuta boja (materijal 3)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
3-1Y	5.67	-6.97	-0.75	-0.84	7.28	9.02
3-2Y	10.69	-4.2	4.8	4.61	4.44	12.45
3-3Y	13.38	-5.85	3.56	3.14	6.03	15.03
3-4Y	13.48	-4.85	7.17	6.79	5.19	16.02
3-5Y	0.02	-2.64	-18.54	-18.54	3.52	18.72

Na slici 8.3.2.3 je dat prikaz poređenje vrednosti za razliku boje između uzoraka pre i posle pranja odštampanih žutom bojom za sve materijale.

Najmanje vrednosti za razliku boje su ostvarene kod uzoraka koji su odštampani žutom bojom na materijalu 1, te je potvrđeno da su vizuelne ocene precizno odredila koja boja je najotpornija. Određena neslaganja sa vizuelnim ocenama javljaju se ukoliko se uporede uzorci odštampani na materijalima 2 i 3. Naime, na osnovu ovih rezultata uzorci odštampani na materijalu 2 su imali manje vrednosti za razliku boje, ali su prema vizuelnim merenjima bili otporniji. To bi možda moglo da se objasni svetlinom žute boje, pa nije bilo lako precizno odrediti vizuelne rezultate.



Slika 8.3.2.3. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka pre i posle izlaganja uticaju pranja - svi materijali (žuta)

Ponašanje uzoraka odštampanih različitim nanosima crne boje na materijal 1 predstavljeno je u tabeli 8.3.2.10. Ovde se vidi da je povećanje broja nanosa boje kod uzoraka pri izlaganju procesu pranja dovelo do povećanja vrednosti za razliku boja. Vrednosti su bile manje, te su grupi veoma malih razlika boje pripadale vrednosti dobijene pri izlaganju procesu pranja odštampanih uzoraka sa jednim, dva i tri nanosa boje. Merenja vrednosti razlike boje za preostale uzorke su pripadali grupi srednjih razlika boje.

Tabela 8.3.2.10. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja procesu pranja crna boja (materijal 1)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
1-1K	1.33	0.12	-0.25	0.23	-3.26	1.36
1-2K	1.21	0.68	0	0.53	9.28	1.39
1-3K	1.63	0.69	0.18	0.47	10.89	1.78
1-4K	2.04	0.88	-0.39	0.96	1.73	2.26
1-5K	2.71	1.22	-1.07	1.62	-2.19	3.16

Uzorci odštampani crnom bojom na materijalu 2, nakon izlaganja procesu pranja bili su manje otporni nego uzorci odštampani na materijalu 1 pod istim uslovima i podvrgnutim istim procesima. To su pokazala kako spektrofotometrijska merenja, tako i vizuelne ocene. Rezultati spektrofotometrijskih merenja su predstavljani u tabeli 8.3.2.11. Sve vrednosti za razliku boje između odštampanih uzoraka i uzoraka podvrgnutih procesu pranja, sem vrednosti za uzorak odštampan sa pet nanosa crne boje pripadaju grupi srednjih razlika boje koju može da primeti i neuvežbano oko. Uzorak odštampan sa pet nanosa crne boje nakon procesa pranja razlikuje se za 4,95 što pripada krupnoj razlici boje.

Tabela 8.3.2.11. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja procesu pranja crna boja (materijal 2)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
2-1K	1.83	-0.45	0.74	-0.64	9.02	2.02
2-2K	1.83	0.4	0.93	0.16	19.26	2.09
2-3K	2.96	0.65	0.07	0.6	4.29	3.03
2-4K	3.28	0.1	0.45	0	8.67	3.31
2-5K	4.93	-0.43	-0.43	-0.45	0.49	4.95

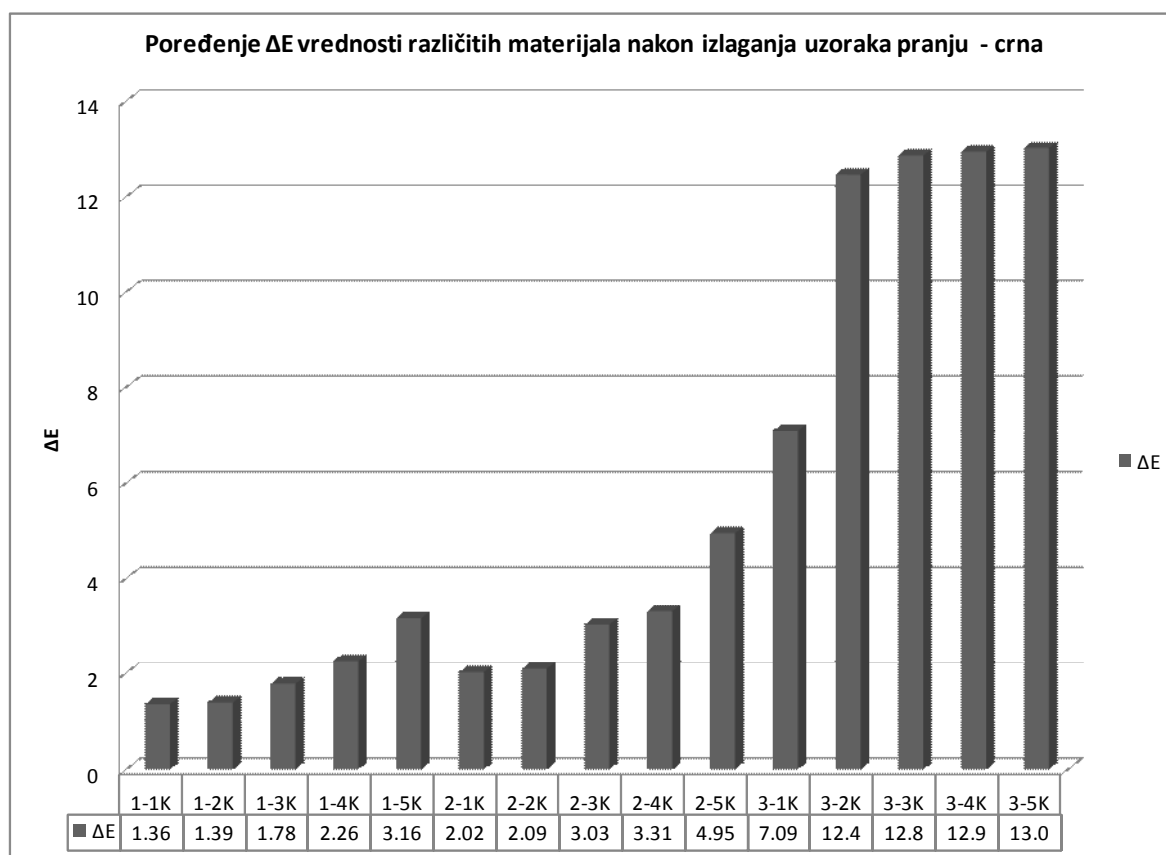
Manju otpornost u poređenju sa uzorcima odštampanim na materijalu 1 i 2 različitim brojem nanosa crne boje, pokazali su uzorci odštampani na materijalu 3. Sve dobijene vrednosti za razliku boje su velike i pripadaju grupi masivnih razlika boje. Sa povećanjem broja nanosa boje rasla je i njihova vrednost za razliku boje. Rezultati su predstavljani u tabeli 8.3.2.12.

Tabela 8.3.2.12. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja procesu pranja crna boja (materijal 3)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
3-1K	6.1	3.54	0.81	3.6	-4.3	7.09
3-2K	11.78	3.64	1.8	4.03	4.22	12.46
3-3K	12.13	3.18	2.81	4.01	11.79	12.86
3-4K	12.72	0.55	2.27	1.34	13.32	12.94
3-5K	12.22	4.02	2	4.47	3.71	13.02

Prikaz poređenje vrednosti za razliku boje između uzoraka pre i posle pranja odštampanih crnom bojom za sve materijale je dat na slici 8.3.2.4.

I u ovom slučaju je potvrđena tačnost vizuelnih ocena, tj. uzorci koji su bili najotporniji prema sivoj skali imali su najmanju vrednost za razliku boje (materijal 1). Najmanje otporni uzorci prema vizuelnim ocenama bili su uzorci odštampani na materijalu 3, a to su potvrdila i spektrofotometrijska merenja.



Slika 8.3.2.4. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka pre i posle izlaganja uticaju pranja - svi materijali (crna)

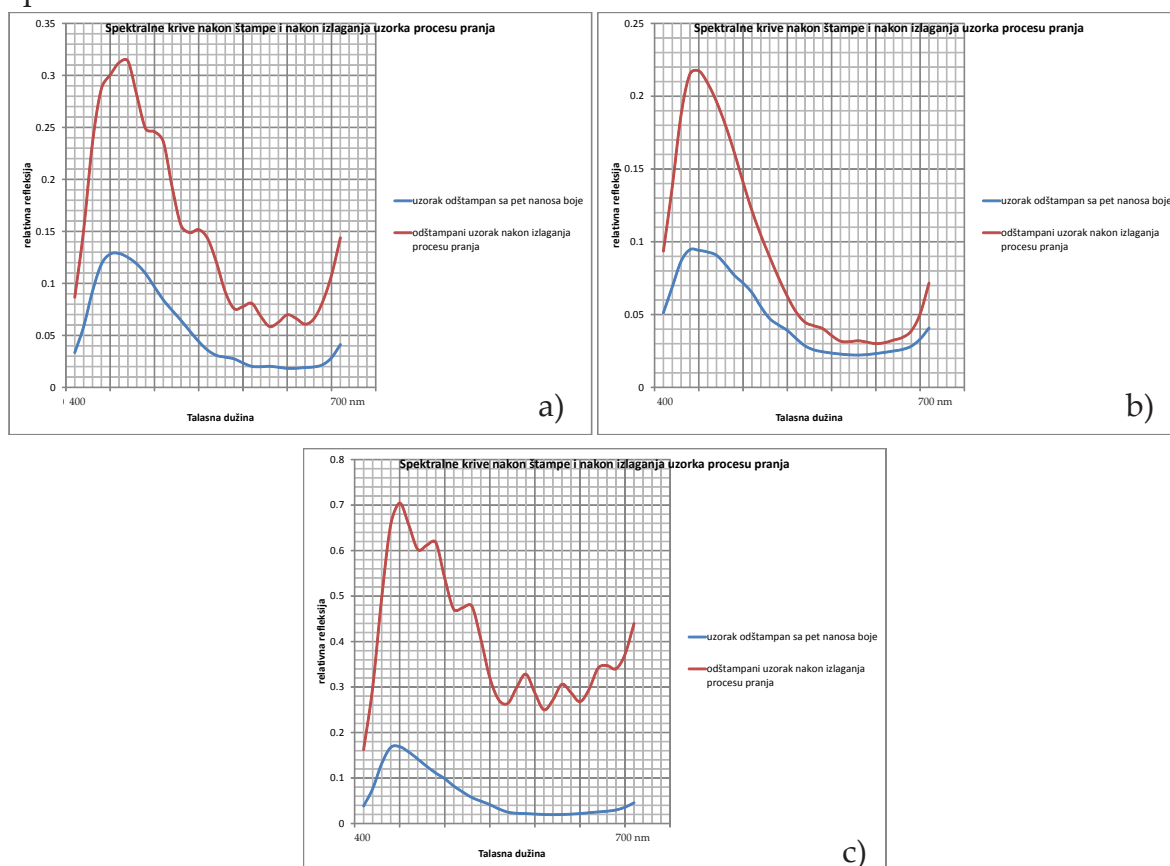
Visoku tačnost vizuelnih ocena pokazala su i spektrofotometrijska merenja. Tim merenjima je određivana razlika boje, te su najmanje vrednosti za razliku boje zabe-

ležene kod najotpornijih uzoraka prema vizuelnim ocenama. Određena neslaganja su zabeležena kod uzoraka odštampanih žutom bojom, ali je važno istaći da se sa povećanjem nanosa boje kod svih uzoraka povećavala i vrednost za razliku boje kada se uporede uzorci pre i posle procesa pranja.

8.3.3. Određivanje spektralnih krivih za uzorke nakon procesa pranja

Spektrofotometrijske analize uzoraka odštampanih na materijalu 1 nakon procesa pranja korišćenjem Spectro Densa, pokazale su da se procesom pranja povećava spektralna refleksija. Do toga dolazi zbog toga što se u procesu pranja deo čestica boje spere. To dovodi praktično do smanjenja K/S vrednosti za koju je već dokazano da njenim smanjenjem raste reflektivnost površine.

Na slikama 8.3.3.1 a, 8.3.3.1 b i 8.3.3.1 c dat je prikaz spektralnih krivih uzoraka odštampanih sa pet nanosa cijan boje pre i posle procesa pranja. Kao što se vidi sa slika spektralne krive zadržavaju svoj prvobitni oblik, bez obzira na promenu relativne refleksije dok je maksimum spektralne osetljivosti i dalje u plavom delu spektra.

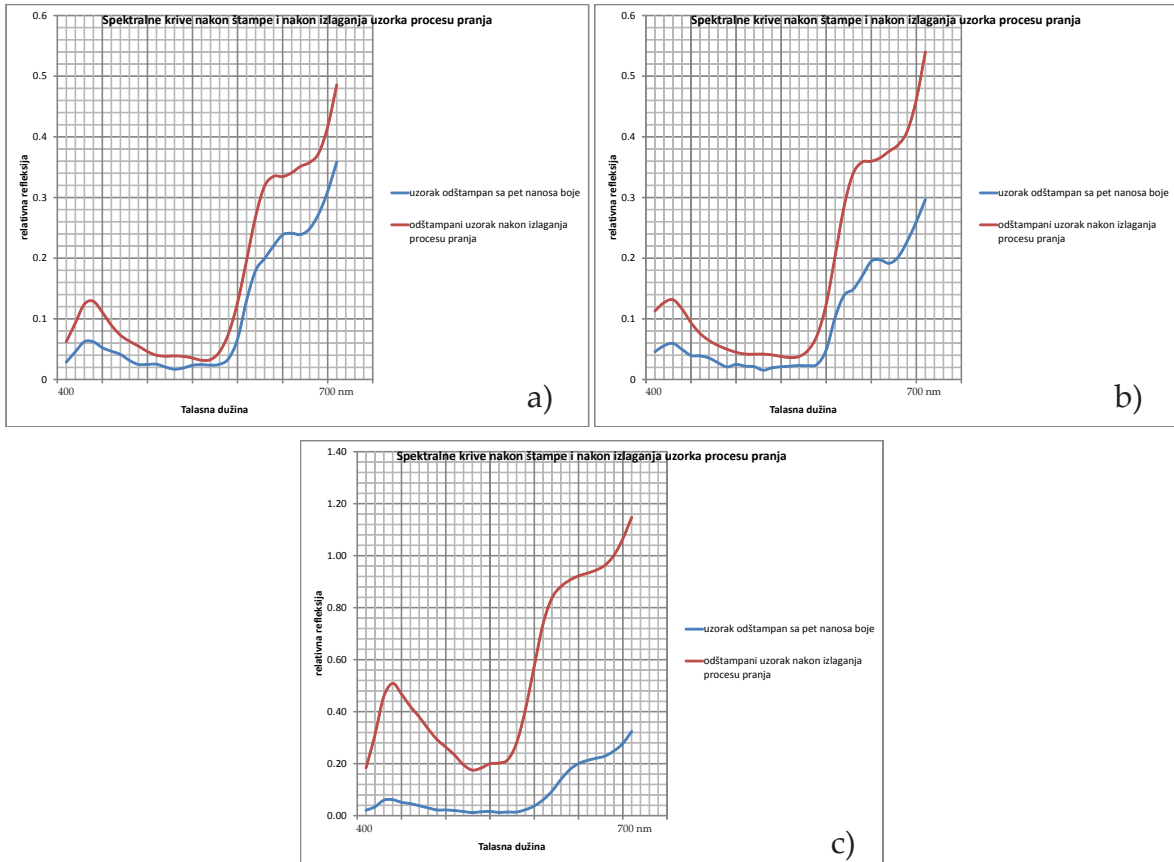


Slika 8.3.3.1. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom, pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Prikaz spektralnih krivih za uzorke odštampane sa pet nanosa magente nakon njihovog izlaganja pranju dato je na slikama 8.3.3.2 a, 8.3.3.2 b i 8.3.3.2 c.

Poređenjem spektralnih krivih pre i posle procesa pranja uočava se da pranjem dolazi do smanjenja reflektivnosti površine, ali maksimum spektralne osetljivosti je

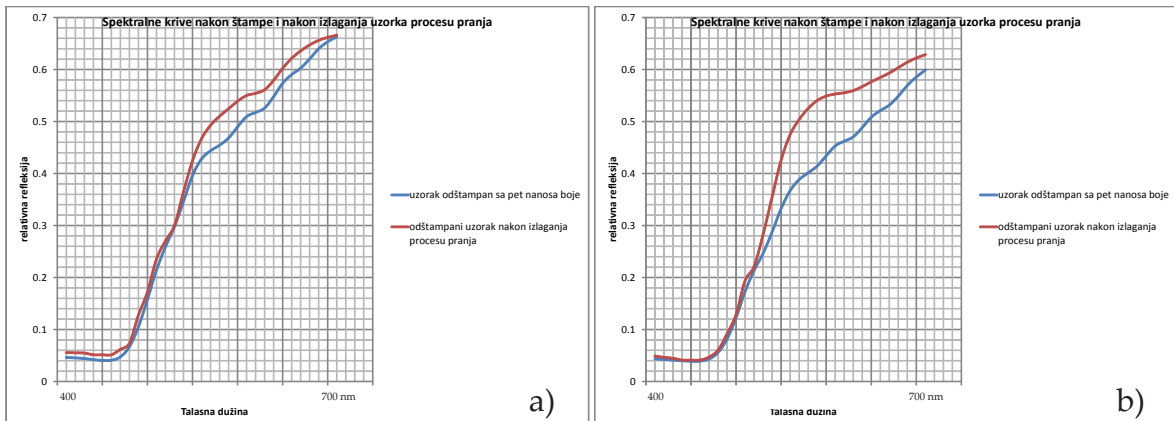
i dalje u crvenom delu spektra. Spektralne krive imaju isti oblik kao i pre procesa pranja.

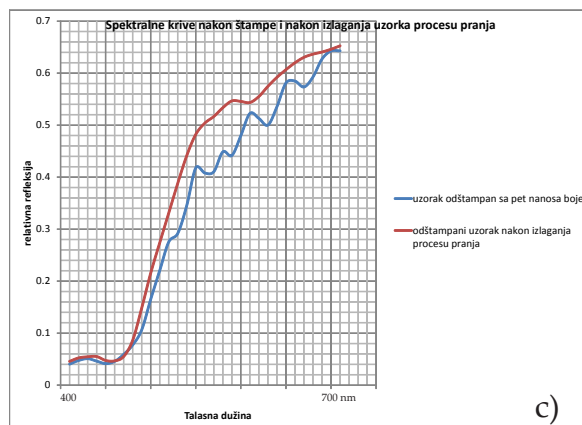


Slika 8.3.3.2. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom, pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Istovetno kao uzorci odštampani cijanom i magentom, ponašali su se i uzorci odštampani različitim brojem nanosa žute boje nakon izlaganja procesu pranja. Kod žute boje su kao reprezentativni uzorci uzeti takođe uzorci odštampani sa pet nanosa boje, pa se pratilo njihovo ponašanje nakon procesa pranja.

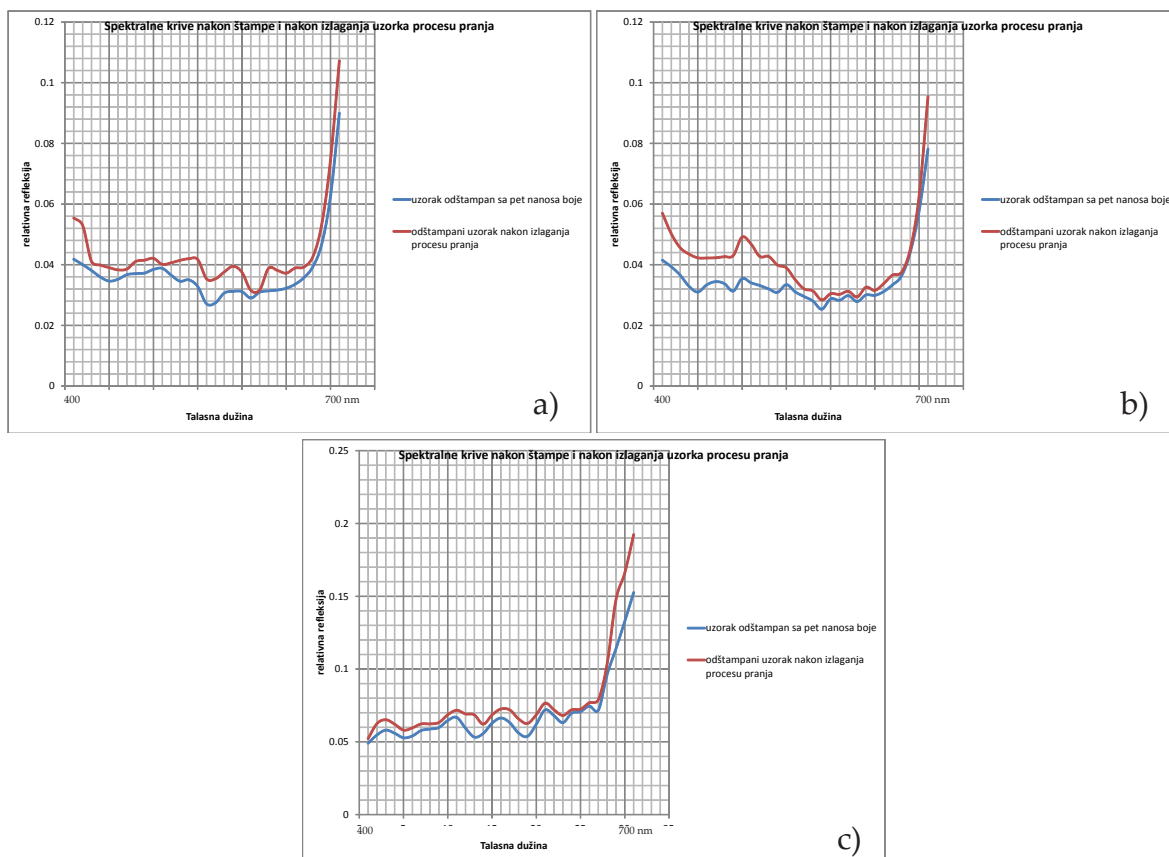
Sa slika 8.3.3.3 a, 8.3.3.3 b i 8.3.3.3 c uočava se da nakon procesa pranja došlo do promene reflektivnosti površine, kao i da su spektralne krive zadržale prvobitni oblik. Kao i pre pranja, tako je i posle njega maksimum spektralne osetljivosti bio u crvenom delu spektra.





Slika 8.3.3.3. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom, pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Maksimum spektralne osetljivosti uzoraka odštampanih crnom bojom nakon procesa pranja je takođe bio u crvenom delu spektra. Sam proces pranja je izazvao promene u reflektivnosti površine što je i predstavljeno na slikama 8.3.3.4 a, 8.3.3.4 b i 8.3.3.4 c.



Slika 8.3.3.4. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom, pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Kao što se videlo iz dobijenih rezultata kod svih uzoraka uzetih u razmatranje, promena reflektivnosti površine nastala je pri izlaganju procesu pranja. To je posledica uklanjanja dela čestica sa površine.

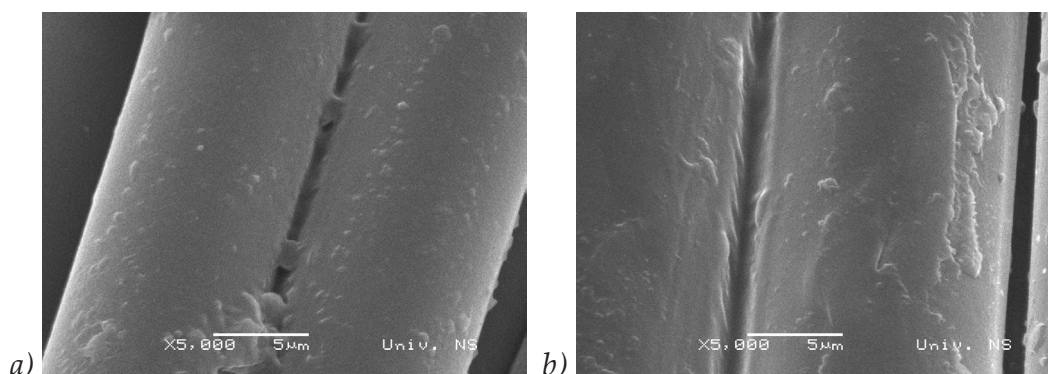
Važno je istaći da su sve krive zadržale svoj prvobitni oblik, kao i da je maksimum spektralne osetljivosti uvek bio u istom delu spektra.

8.3.4. SEM analiza uzoraka nakon procesa pranja

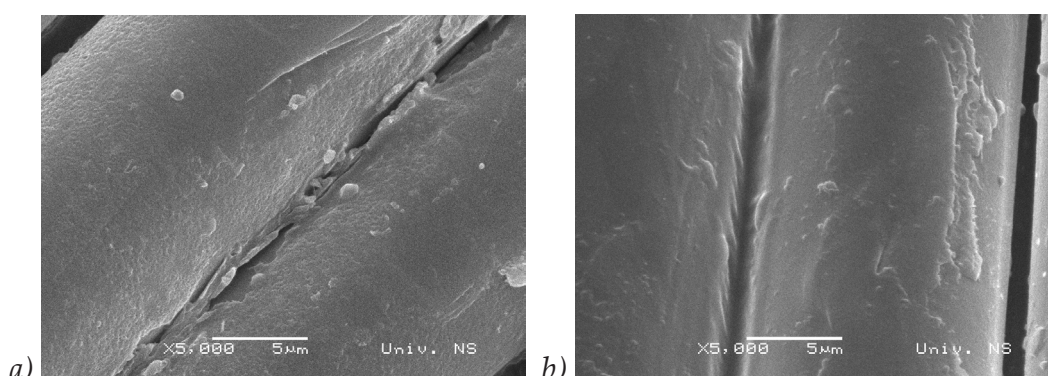
Deo mikroskopske analize uzoraka odštampanih cijan bojom nakon izlaganja pranju predstavljen je u nastavku. Kao reprezentativni primerak je uzet uzorak odštampan sa pet nanosa cijan bojom. Korišćeno je uvećanje od 5000 x. Snimci ostalih uzoraka i drugih uvećanja dati su u prilogu rada.

Činjenica je da se u procesu pranja deo čestica boje jednostavno spere, što je i prikazano mikroskopskim snimkom uzorka odštampanog sa pet nanosa boje na materijalu 1 nakon izlaganja uticaju pranja (slika 8.3.4.1 b). To je naročito uočljivo ukoliko se ovaj snimak uporedi sa snimkom uzorka posle štampe (slika 8.3.4.1 a).

Na slici 8.3.4.2 b je dat mikroskopski snimak sa uvećanjem od 5000 x uzorka odštampanog sa pet nanosa boje nakon procesa pranja. Sa njega se može uočiti da je u poređenju sa odštampanim uzorkom sa pet nanosa boje (slika 8.3.4.2 a) glatkija struktura vlakana, što se tumači time da je deo boje otpao u procesu pranja te se ovim potvrđuje i zašto dolazi do povećanja relativne refleksije.



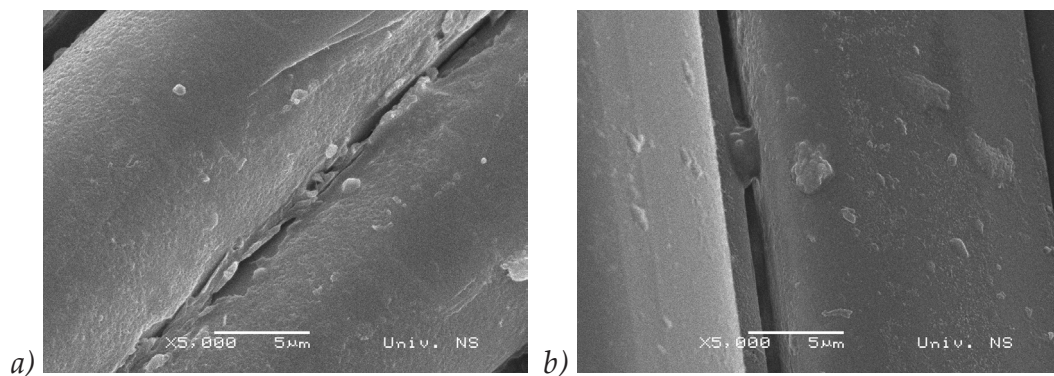
Slika 8.3.4.1. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje: a) nakon štampe, b) nakon izlaganja procesu pranja - materijal 1 (5000 x uvećanje)



Slika 8.3.4.2. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje: a) nakon štampe, b) nakon izlaganja procesu pranja - materijal 1 (5000 x uvećanje)

Mikroskopski snimak odštampanog uzorka sa pet nanosa boje na materijalu 3 nakon izlaganja procesu pranja je dat na slici 8.3.4.3 b. U poređenju sa uzorkom pre

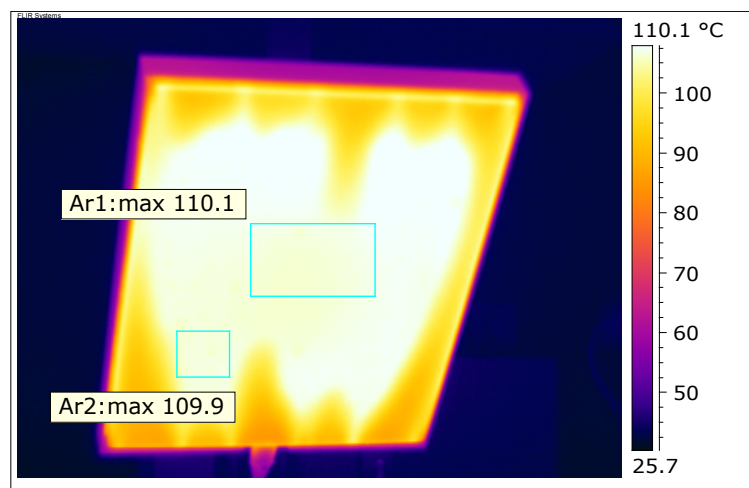
izlaganja procesu pranja (slika 8.3.4.3 a), uočava se da nema toliko čestica boje na površini vlakana jer su jednostavno sprane.



*Slika 8.3.4.3. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje:
a) nakon štampe, b) nakon izlaganja procesu pranja - materijal 1 (5000 x uvećanje)*

8.4. Rezultati merenja uzoraka nakon toplotnog uticaja

Uticaj toplote procesom peglanja na promenu karakteristika obojenja može se ispitati korišćenjem više različitih standarda. Jedan od tih standarda je i SRPS F.S3.311, gde se uticaj toplote procesom peglanja na otpornost obojenja meri temperaturama od 110 °C, 150 °C i 200 °C. Nakon toplotnog dejstva vrši se ocena otpornosti obojenja na peglanje kao i ocena prelaza na pamuk. Kao referentne vrednosti uzimaju se sive skale koje na osnovu ocena od 1 do 5 karakterišu svojstva ispitivanih materijala, pri čemu ocena 5 daje najbolju vrednost za otpornost obojenja na peglanje, kao i za prelaz na pamuk. Na osnovu sirovinskog sastava materijala preporučena temperatura toplotnog dejstva iznosila je 110 °C. Kako bi se sigurno utvrdilo da je u pitanju ta temperatura pri dejstvu grejnog elementa na uzorke beskontaktno je izmerena korišćenjem termovizijske kamere. Na slici 8.4.1 prikazan je termovizijski snimak toplotnih polja jednog od ispitivanih uzoraka za minimalne i maksimalne vrednosti temperature. Sa njega se vidi minimalno odstupanje temperaturnih vrednosti te bi se moglo istaći da se ujednačeno toplotno delovalo na čitavu površinu analiziranih uzoraka.



Slika 8.4.1. Termovizijska analiza delovanja grejnog elementa pri temperature od 110 °C

8.4.1. Vizuelne ocene

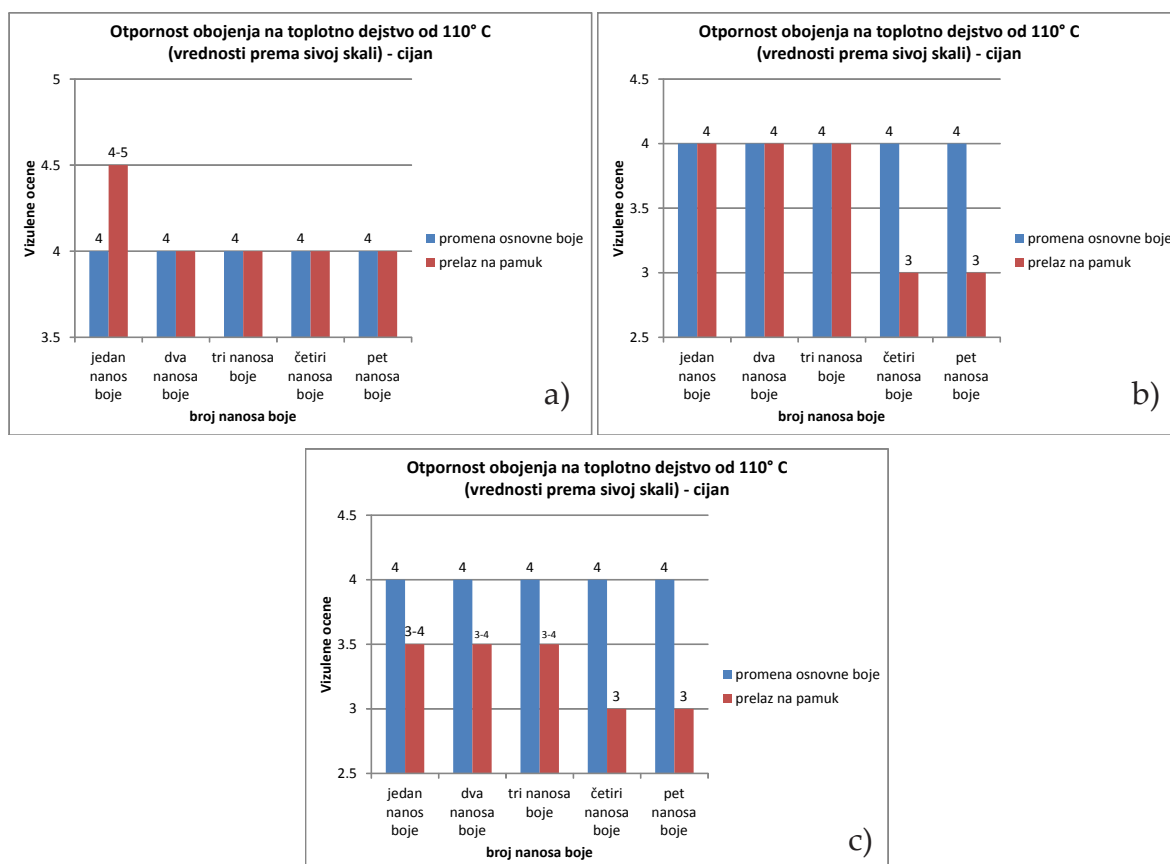
Otpornost obojenja na toplotno dejstvo određeno vizuelnim ocenama predstavljeno je u nastavku. Prvobitno je određena otpornost uzoraka odštampanih cijan bojom na materijalima 1, 2 i 3.

To je predstavljeno na slikama 8.4.1.1 a, 8.4.1.1 b i 8.4.1.1 c. Interesantno je da je za sve uzorke, nezavisno koji materijal je bio u pitanju, otpornost obojenja na promenu osnovne boje iznosila 4.

Ukoliko se posmatra ocena prelaza na pamuk, može se zapaziti da se vrednosti u ovim analizama razlikuju. Kod materijala 1 uzorci odštampani sa jednim nanosom boje imali su ocenu 4-5, dok su preostali uzorci imali ocenu 4.

Ocena prelaza na pamuk uzoraka odštampanih cijan bojom na materijalu 2 je predstavljena na slici 8.4.1.1 b. Sa nje se vidi da su uzorci odštampani sa jedan, dva i tri nanosa boje imali ocenu prelaza na pamuk 4, dok su preostala dva uzorka imala ocenu 3.

Uzorci odštampani na materijalu 3 u odnosu na uzorke odštampane na oba prethodna materijala imali su veći broj nižih ocena za prelaz na pamuk. Te ocene su se kretale od 3-4 do 4 (slika 8.4.1.1 c).



Slika 8.4.1.1. Otpornost uzoraka na toplotno dejstvo - cijan:
a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Pošto su za sve uzorke odštampane cijan bojom promene osnovne boje iznosile 4 nije dato grafičko poređenje između uzoraka odštampanih na različitim materijalima. Moglo bi se reći da je otpornost boja bila velika i da povećanje broja nanosa neće prema vizuelnim ocenama uticati ni pozitivno ni negativno na promene osnovne boje.

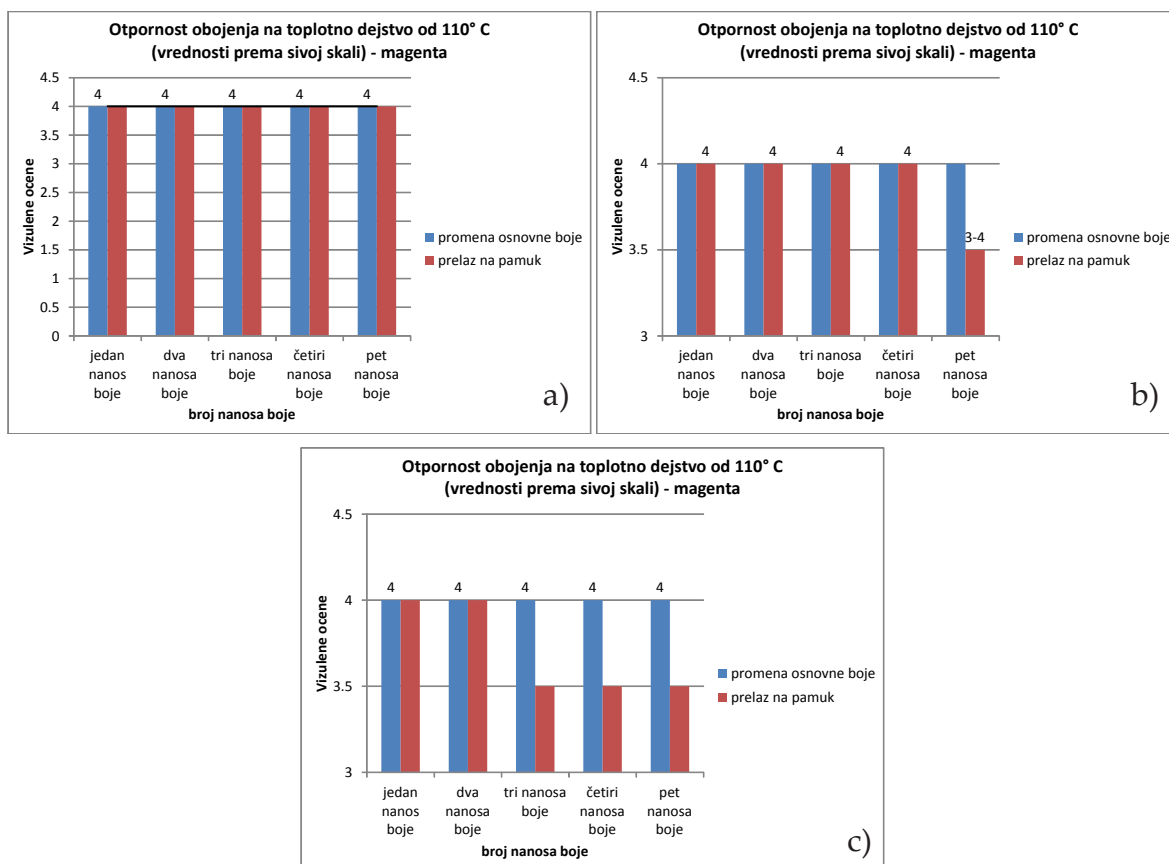
Pošto se problematikom otpornosti obojenja na toplotno dejstvo ne bavi veliki broj autora poređenje sa njihovim rezultatima biće predstavljano nakon analize svih uzoraka.

Uzorci odštampani različitim nanosima magenta boje na materijalima 1, 2 i 3 takođe su imali veliku otpornost na promenu osnovne boje pri toplotnom dejstvu. Ta vrednost je iznosila 4 za sve uzorke. Iz ovoga se zapaža da se povećanjem broja nanosa boje njena otpornost ne raste, ali ni ne opada povećanjem nanosa boje.

Ukoliko se analizira prelaz obojenja boje sa povećanje broja nanosa boje pri štampi magentom na materijal 1 uočava se da povećanje broja nanosa neće imati uticaja na ovu vrednost. Ta vrednost za sve uzorke je 4 (slika 8.4.1.2 a).

Pri oceni prelaza na pamuk za uzorke odštampane magenta bojom na materijal 2 ocena 4 je zabeležena u slučaju štampe sa jednim, dva, tri i četiri nanosa boje. Uzorak odštampan sa pet nanosa magenta boje je imao nešto nižu ocenu. Ta ocena je iznosila 3-4 (slika 8.4.1.2 b).

Vrednosti za uzorke odštampane različitim nanosima magenta boje na materijalu 3, ukoliko se posmatra prelaz na pamuk veće su pri štampi sa prva dva nanosa i iznosile su 4 dok je pad zabeležen kod štampe sa poslednja tri nanosa pri čemu je vrednost za njih iznosila 3-4 (slika 8.4.1.2 c).



Slika 8.4.1.2. Otpornost uzoraka na toplotno dejstvo - magenta:
a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

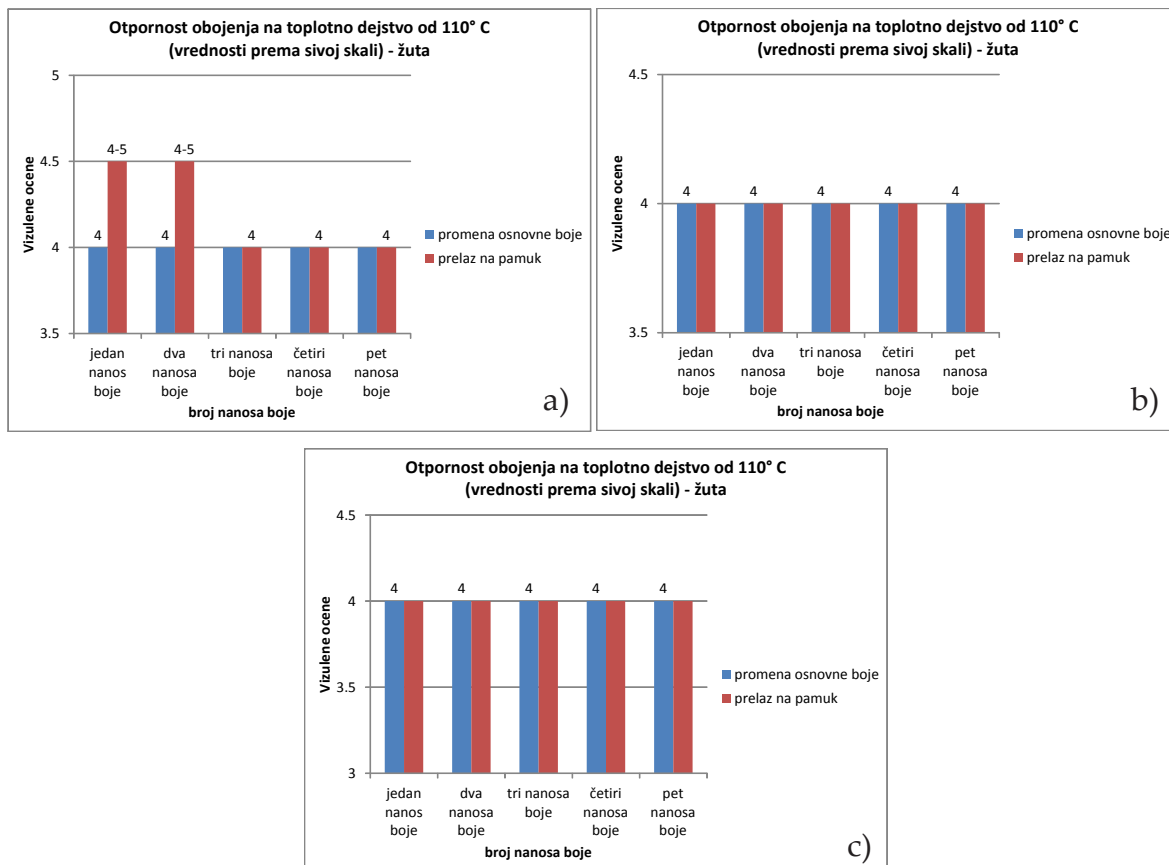
Ukoliko se analiziraju svi uzorci odštampani magenta bojom može se zaključiti da su svi imali veliku i ujednačenu otpornost promene osnovne boje, nebitno koliki broj nanosa boje je upotrebljen u štampi, kao ni koji je materijal u pitanju.

Otpornost obojenja na toplotno dejstvo je bila velika i za sve uzorke odštampane različitim brojem nanosa žute boje na materijale 1 (slika 8.4.1.3 a), 2 (slika 8.4.1.3 b) i 3 (slika 8.4.1.3 c). Vrednost njihove otpornosti osnovne boje iznosila je 4.

Ukoliko se posmatra ocena prelaza na pamuk, može se zapaziti da su najveću vrednost dobili uzorci koji su odštampani na materijalu 1 (slika 8.4.1.3 a). Te vred-

nosti iznosile su 4-5, dok je kod preostalih uzoraka ocena bila nešto niža i iznosila je 4.

Što se tiče prelaza na pamuk sa povećanjem broja nanosa boje za sve uzorke odštampane na materijalima 2 i 3 otpornost je iznosila 4.



Slika 8.4.1.3. Otpornost uzoraka na toplotno dejstvo - žuta:
a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

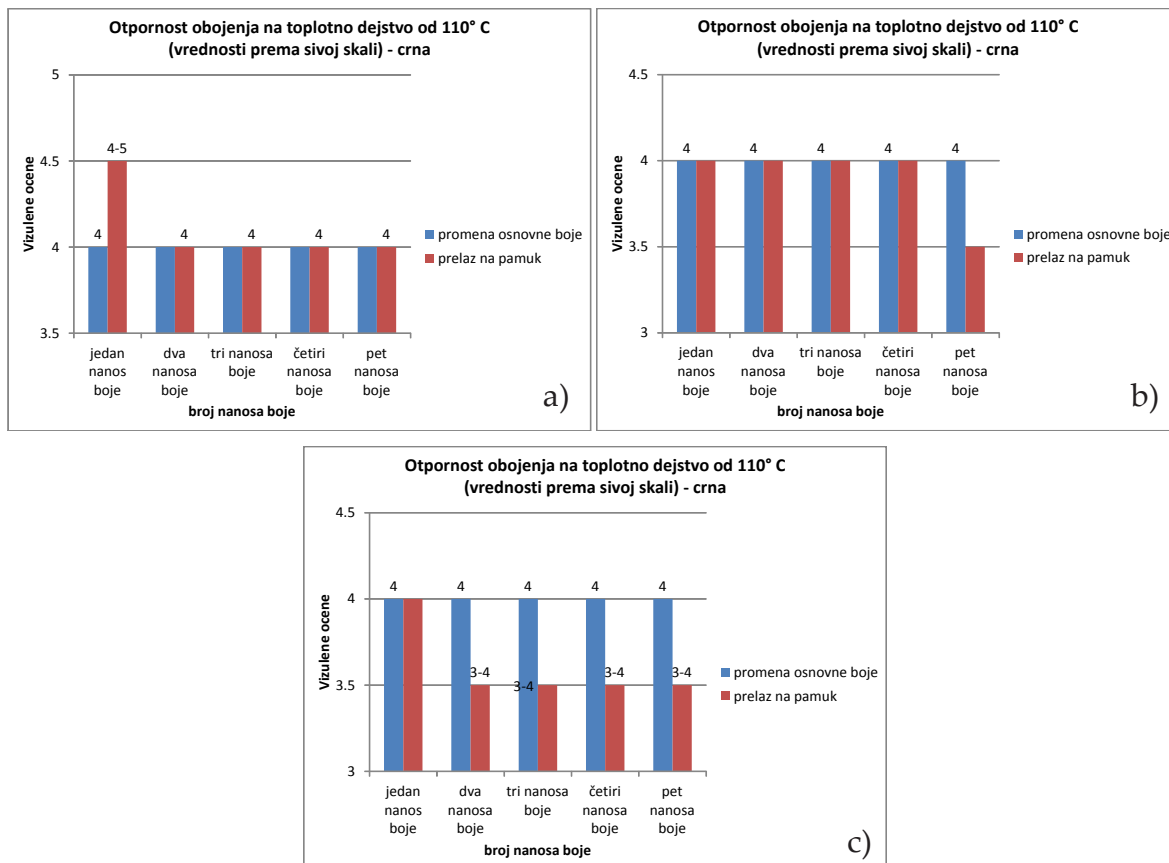
Na osnovu dobijenih rezultata pri analizi uzoraka odštampanih žutom bojom na materijalima 1, 2 i 3 uočava se da povećanje broja nanosa boje neće prema vizuelnim ocenama uticati na promenu osnovne boje. Čak je i za skoro sve uzorke bila ujednačena ocena prelaza boje na pamuk.

Svi uzorci odštampani crnom bojom na materijalima 1, 2 i 3 imali su otpornost obojenja na promenu osnovne boje 4.

Ukoliko se posmatra ocena prelaza na pamuk uzoraka odštampanih na materijalu 1 može se zapaziti da je najveću vrednost dobio uzorak odštampan sa jednim nanosom boje (slika 8.4.1.4 a). Ta vrednost je iznosila 4-5. Ostali uzorci su imali ocenu 4.

Ocene prelaza na pamuk uzoraka odštampanih sa različitim nanosima crne boje na materijalu 2 bile su ujednačene. Tako je zabeležena vrednost 4 kod uzoraka odštampanih sa jednim, dva, tri i četiri nanosa. Jedino je ocena prelaza na pamuk kod uzorka odštampanog sa pet nanosa crne bila nešto niža. Ona je iznosila 3-4 (slika 8.4.1.4 b).

Uzorci odštampani različitim nanosima crne boje na materijal 3 su imali manje vrednosti od uzoraka odštampanih na materijalima 1 i 2 ukoliko se posmatra prelaz boje na pamuk. Vrednost 4 je zabeležena za uzorak odštampan sa jednim nanosom boje, dok je u preostalim slučajevima iznosila 3-4 (slika 8.4.1.12).



Slika 8.4.1.4. Otpornost uzoraka na toplotno dejstvo - crna:
a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Ono što je najbitnije u ispitivanjima toplotnog dejstva je promena osnovne boje. Ona je kod svih uzoraka odštampanih crnom bojom iznosila 4, što znači da povećanje broja nanosa boje nije uticalo na njihovu otpornost.

Vizuelne ocene su pokazale visoku otpornost svih uzoraka u procesu toplotnog dejstva. Prema njima svih 60 uzoraka se istovetno ponašalo pri ovom uticaju. Važno je istaći da povećanje nanosa boje nije negativno delovalo na otpornost uzoraka na proces peglanja. Da li ipak ima razlike između uzoraka pre i nakon toplotnog dejstva ukoliko se poveća broj nanosa boje, pokazaće spektrofotometrijska merenja koja su preciznija.

Interesanto je da se manji broj naučnika bavi uticajima toplotnog dejstva na oti-sak. Tako je Oprea (2007) uspeo da poveća otpornost bojenih uzoraka sa 100 % pamuka kod Direct Yellow boje sa 2 na 5, Direct Grey boje sa 3 na 5, Reactive Yellow sa 2 na 4-5 i Reactive Blue sa 3 na 5 tako što je u kupku boje u kojoj se tkanina bojila dodavao polimer PHU.

Mohammadkhodaei i ostali, 2010 su mešali dve boje kako bi videli kako će njihove kombinacije da budu otporne na različite uticaje, te su tako merili i otpornost na toplotno dejstvo. Izmerena vrednost je bila 4-5.

8.4.2. Određivanje razlike boje između uzoraka pre i posle toplotnog dejstva

Nakon vizuelnih ocena za sve uzorke su odrađena i spektrofotometrijska merenja pomoću spektrofotometra HP 200. Posmatrala se samo promena osnovne boje, tj. promena boje uzorka nakon njegovog izlaganja toplotnom dejstvu.

U tabeli 8.4.2.1 dat je prikaz dobijenih rezultata, pri izlaganju uzoraka odštampanih sa različitim brojem nanosa cijan boje na materijalu 1, toplotnom dejstvu. Vrednosti za razliku boja su male. U slučaju izlaganja toplotnom dejstvu, uzoraka odštampanih sa jednim, dva i tri nanosa boje, vrednosti pripadaju grupi srednjih razlika boje. Kod uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje u pitanju veoma mala razlika boje koju može primetiti iskusno oko. Povećanjem broja nanosa boje opadaju vrednosti za razliku boje. Opadanje ovih vrednosti moglo bi se objasniti time da toplotno dejstvo pri manjim nanosima boje određenu količinu boje uništi te se time poveća i reflektivnost površine. U slučaju sa većim brojem nanosa boje isto se dešava, samo što postoji veća količina boje, pa deo nje ostane na površini.

Tabela 8.4.2.1. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja toplotnom dejstvu - cijan boja (materijal 1)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
1-1C	2.39	-0.33	-1.09	1.13	-0.36	2.64
1-2C	0.23	-0.25	-2.26	2.27	0.37	2.28
1-3C	-1.53	0.84	-0.99	0.79	2.45	2.01
1-4C	-1.24	0.58	0.42	-0.53	1.19	1.44
1-5C	-0.1	-0.58	-0.24	0.37	-1.07	0.64

Spektrofotometrijska merenja uzoraka odštampanih cijan bojom na materijalu 2 predstavljena su u tabeli 8.4.2.2. Tako se pri analizi uzoraka odštampanih različitim nanosima cijan boje uočava da su vrednosti za razliku boje nakon toplotnog dejstva male i pripadaju grupama srednjih (uzorak odštampan sa jednim nanosom boje) i veoma malih razlika boje (preostali uzorci).

Tabela 8.4.2.2. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja toplotnom dejstvu - cijan boja (materijal 2)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
2-1C	-0.7	-1.28	-2.52	2.64	-3.13	2.92
2-2C	0.87	-0.92	-0.93	1.06	-2.03	1.58
2-3C	0.92	-0.45	-1.19	1.22	-1.19	1.57
2-4C	0.65	0.79	1.15	-1.26	1.39	1.54
2-5C	1	0.12	0.71	-0.72	0.1	1.23

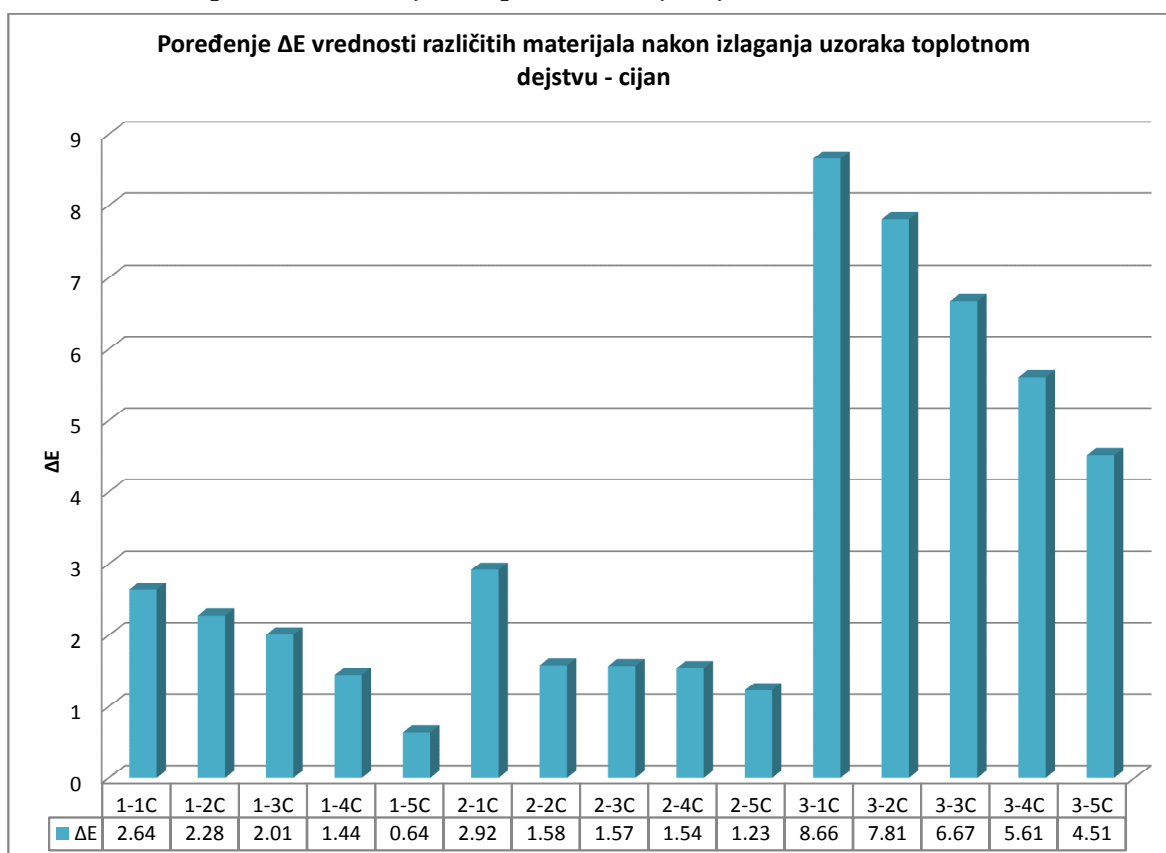
Spektrofotometrijska analiza uzoraka odštampanih sa različitim nanosima cijan boje na materijal 3 predstavljena su u nastavku. Nakon toplotnog dejstva na te uzor-

ke, određene su vrednosti za razliku boje koje je poredila koliko se taj uzorak podvrgnut toplotnom dejstvu razlikuje od prvobitnog. Uočeno je da je u slučaju uzoraka koji su odštampani sa jedan, dva, tri i četiri nanosa boje, ta vrednost veoma velika i pripada grupi masovnih razlika, dok je u slučaju uzorka dobijenog štampom sa pet nanosa boje vrednost za razliku boje pripadala krupnim razlikama. Uočljivo je da je povećanjem nanosa boje dolazilo do smanjenja vrednosti za razliku boje.

Tabela 8.4.9. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja toplotnom dejstvu - cijan boja (materijal 3)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
3-1C	-0.3	-4.28	-7.52	7.98	-7.32	8.66
3-2C	1.5	-1.72	-7.46	7.6	-2.27	7.81
3-3C	-1.03	-3.83	-5.36	5.97	-6.14	6.67
3-4C	-1.09	-4.06	-3.71	4.45	-7.26	5.61
3-5C	-0.42	-2.85	-3.47	3.81	-5.97	4.51

Poređenje dobijenih rezultata za razliku boje koja se dobija poređenjem uzoraka pre i posle toplotnog dejstva predstavljenja su na slici 8.4.2.1. Sa te slike se vidi da su uzorci odštampani na materijalima 1 i 2 imali približno iste vrednosti, dok su se uzorci odštampani na materijalu 3 ponašali najlošije.



Slika 8.4.2.1. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka pre i posle izlaganja toplotnom dejstvu - svi materijali (cijan)

Ova merenja pokazuju neslaganja sa vizuelnim ocenama pošto su prema vizuelnim ocenama svi uzorci bili podjednako otporni.

Vrednosti za razliku boje, nakon toplotnog dejstva na uzorke odštampane različitim nanosima magente predstavljene su u tabeli 8.4.2.4. Iz te tabele se vidi da se povećanje broja nanosa boje smanjuje vrednosti za razliku boje nakon izlaganja uzoraka toplotnom dejstvu. Vrednosti za razliku boje pri izlaganju uzoraka dobijenih štampom sa jednim nanosom boje toplotnom dejstvu pripadaju krupnoj razlici boje, dok srednjoj razlici boje pripada vrednost za razliku boje koja se dobija pri izlaganju uzorka odštampanog sa dva nanosa boje. Veoma maloj razlici boje koju može primetiti samo iskusno oko, pripadaju vrednosti koje se dobiju kada se na uzorke dobijene štampom sa tri i četiri nanosa boje toplotno deluje. Interesantno je da vrednost za razliku boje kada se uzorak odštampan sa pet nanosa boje izloži toplotnom dejstvu pripada razlici boje koja se ne može primetiti.

Tabela 8.4.2.4. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja toplotnom dejstvu - magenta boja (materijal 1)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
1-1M	1.27	3.88	-0.56	3.82	-1.1	4.13
1-2M	1.44	2.75	-0.09	2.74	-0.27	3.11
1-3M	-1.47	-0.67	-0.16	-0.69	-0.15	1.63
1-4M	0.9	0.78	-0.21	0.77	-0.28	1.21
1-5M	0.73	-0.42	-0.28	-0.43	-0.27	0.88

U tabeli 8.4.2.5. je dat prikaz vrednosti za razlike boje nakon izlaganja toplotnom dejstvu uzoraka odštampanih magenta bojom na materijalu 2. Povećanjem broja nanosa boje smanjivala se vrednost za razliku boje. Dobijene vrednosti za određivanje razlike boja između uzoraka pre i posle toplotnog dejstva pripadaju grupi srednjih razlika boje (uzorci dobijeni štampom sa jednim, dva i tri nanosa boje) i veoma malih razlika (uzorci odštampani sa četiri i pet nanosa boje).

Tabela 8.4.2.5. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja toplotnom dejstvu - magenta boja (materijal 2)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
2-1M	0.46	2.8	1.36	2.93	1.24	3.15
2-2M	1.15	1.98	0.67	2.04	0.63	2.39
2-3M	1.51	1.67	0.19	1.68	0.02	2.26
2-4M	0.1	1.29	0.47	1.33	0.38	1.38
2-5M	0.18	-1.15	-0.63	-1.21	-0.65	1.33

Vrednosti za razliku boje kod uzoraka odštampanih različitim brojem nanosa magenta boje na materijal 3 pre i posle toplotnog dejstva pripadaju grupi masovnih razlika boje (tabela 8.4.2.6). I ovde se ipak uočava da povećanje broja nanosa boje

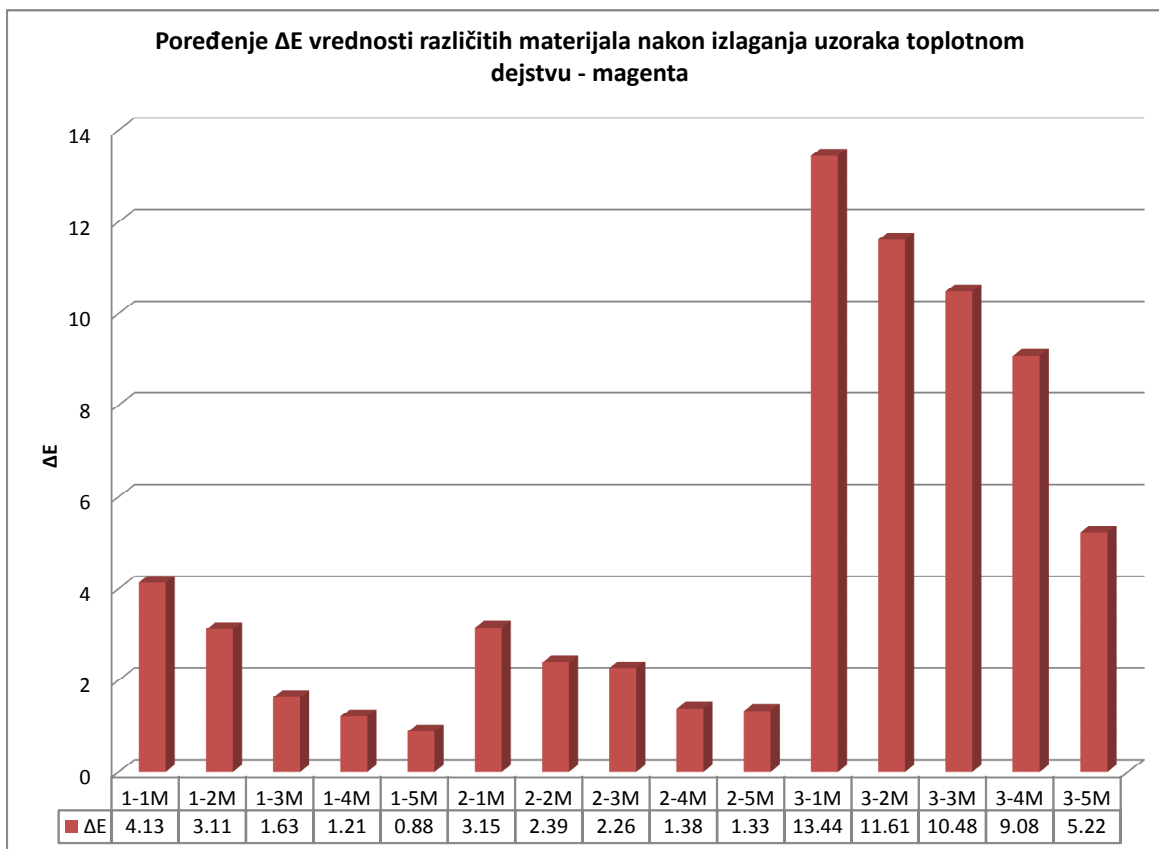
smanjuje vrednost za razliku boje kada se uporedi uzorak pre i posle toplotnog tretmana.

Tabela 8.4.2.6. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja izlaganja toplotnom dejstvu - magenta boja (materijal 3)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
3-1M	2.06	13.26	0.73	13.26	0.78	13.44
3-2M	-0.18	11.16	3.18	11.37	3.27	11.61
3-3M	-0.08	10.17	2.51	10.32	2.56	10.48
3-4M	-3.65	7.66	3.23	7.8	4	9.08
3-5M	-0.93	4.58	2.34	4.68	2.98	5.22

Kao i u analizi uzoraka odštampanih cijan bojom i ovde su uočena neslaganja vizuelne i spektrofotometrijske metode merenja. Spektrofotometrijska merenja poređenja razlika boje za sve uzorke pre i posle toplotnog dejstva predstavljena su na slici 8.4.2.2.

Sa te slike se vidi da su vrednosti za razliku boje kod materijala 1 i 2 relativno približne, dok su rezultati za razliku boje uzoraka odštampanih na materijalu 3 značajno veće.



Slika 8.4.2.2. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka pre i posle izlaganja toplotnom dejstvu - svi materijali (magenta)

Izlaganje uzoraka odštampanih različitim nanosima žute boje na materijalu 1 toplotnom dejstvu nije izazvalo velike promene na njima (tabela 8.4.2.7). Tako su vrednosti za razliku boje nakon izlaganja toplotnom dejstvu uzoraka dobijenih štampom sa jednim, dva, tri i četiri nanosa boje pripadale grupi veoma malih razlika koju može primetiti iskusno oko. Izlaganjem uzoraka odštampanih sa pet nanosa boje razlika se generalno ne može primetiti. Vrednosti za razliku boje su veoma bliske, pa su zbog toga pri vizuelnim ocenama uzorci imali istu ocenu.

Tabela 8.4.2.7. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja toplotnom dejstvu - žuta boja (materijal 1)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
1-1Y	1.08	-1.12	-0.13	-0.26	1.09	1.56
1-2Y	0.03	-1.13	-0.94	-1.03	1.12	1.47
1-3Y	0.92	-0.63	-0.49	-0.57	0.54	1.22
1-4Y	1.03	0.25	-0.3	-0.28	-0.3	1.1
1-5Y	0.28	-0.41	0.65	0.59	0.48	0.82

Spektrofotometrijska merenja pomoću kojih je određena razlika boje, nakon izlaganja toplotnom dejstvu uzoraka odštampanih žutom bojom na materijal 2 predstavljena su u tabeli 8.4.2.8. I iz ove tabele se vidi da povećanje broja nanosa boje smanjuje vrednost za razliku boje između uzorka pre i posle toplotnog dejstva. Vrednosti za razliku boje su male i jedino pripadaju veoma malim razlikama kod uzoraka odštampanih sa jednim i dva nanosa boje, dok je kod uzoraka dobijenih štampom sa tri, četiri i pet nanosa boje vrednost za razliku boje toliko mala da se generalno ni ne može primetiti.

Tabela 8.4.2.8. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja toplotnom dejstvu - žuta boja (materijal 2)

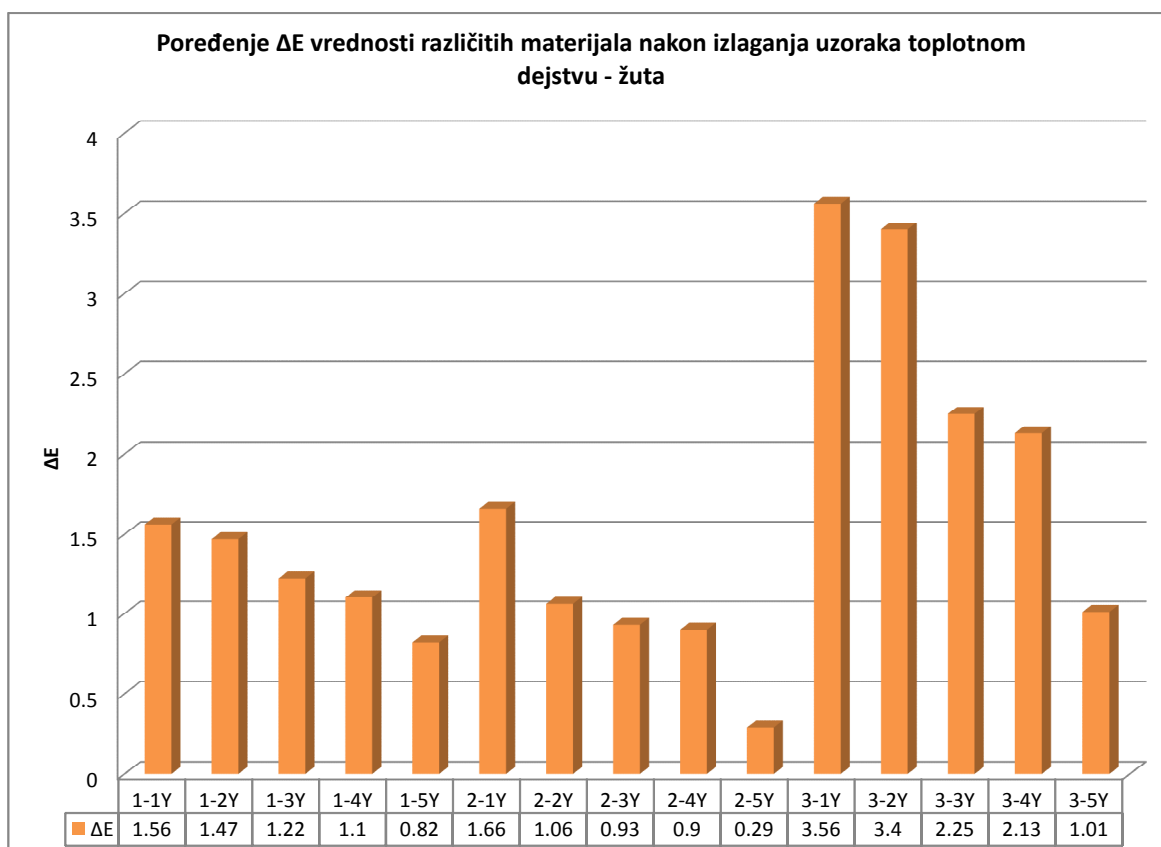
Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
2-1Y	-0.19	0.25	-1.63	-1.6	-0.36	1.66
2-2Y	-0.36	0.24	0.97	0.98	-0.18	1.06
2-3Y	0.15	-0.11	0.91	0.89	0.26	0.93
2-4Y	0.64	-0.61	-0.15	-0.23	0.57	0.9
2-5Y	0.12	-0.26	0.06	0.03	0.25	0.29

U tabeli 8.4.2.9 predstavljene su vrednosti za razliku boje dobijene spektrofotometrijskim merenjima između uzoraka odštampanih žutom bojom na materijalu 3 pre i nakon toplotnog tretmana. Te vrednosti su pripadale grupi krupnih razlika boje kada se poredi uzorak odštampan sa jednim nanosom boje pre i posle toplotnog dejstva. U grupi srednjih razlika boje su vrednosti poređenja uzoraka odštampanih sa dva, tri i četiri nanosa boje. Najmanju vrednost za razliku boje, nakon toplotnog dejstva je ostvario uzorak odštampan sa pet nanosa boje i on pripada grupi veoma malih razlika boje.

Tabela 8.4.11. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja toplotnom dejstvu - žuta boja (materijal 3)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
3-1Y	-1.97	-1.93	2.24	2.12	2.1	3.56
3-2Y	-0.36	-0.79	3.29	3.18	1.14	3.4
3-3Y	0.68	-0.2	2.14	2.11	0.38	2.25
3-4Y	-0.24	0.87	1.93	1.96	-0.86	2.13
3-5Y	-0.18	0.44	0.89	0.93	-0.33	1.01

Na slici 8.4.2.3 dato je poređenje razlike boje za sve uzorke korišćene u eksperimentu. I ovde se uočava da su vrednosti razlike boje za uzorke odštampane na materijalu 3 nešto veće u odnosu na razlike boje uzoraka odštampanih na materijalima 1 i 2. Pošto su vrednosti za razliku boje bliže, ovde bi se moglo reći da su vizuelne ocene bile dosta preciznije.



Slika 8.4.2.3. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka pre i posle izlaganja toplotnom dejstvu - svi materijali (žuta)

Kao i kod uzoraka odštampanih žutom bojom na materijalu 1, tako su i kod uzoraka odštampanih crnom bojom na istom materijalu zabeležene male vrednosti za razliku boje prilikom njihovog izlaganja toplotnom dejstvu (tabela 8.4.2.10). Vrednosti za razliku boje nakon toplotnog dejstva, generalno se ne mogu primetiti

prilikom štampe sa tri, četiri i pet nanosa boje, dok je u slučaju štampe na uzorke sa jednim i dva nanosa boje u pitanju veoma mala razlika boje koju može primetiti iskusno oko.

Tabela 8.4.2.10. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja toplotnom dejstvu - crna boja (materijal 1)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	$\Delta E_{a,b}$
1-1K	0.95	0.48	-0.58	0.71	-4.87	1.21
1-2K	1.16	0.24	-0.2	0.31	-0.45	1.2
1-3K	0.39	0.75	-0.37	0.83	3.01	0.93
1-4K	-0.63	-0.27	-0.08	-0.18	-33.67	0.69
1-5K	-0.27	0.07	0.58	-0.28	13.38	0.64

Poslednja grupa analiziranih uzoraka odštampanih na materijalu 2 je bila grupa uzoraka odštampanih sa različitim brojem nanosa crne boje. Vrednosti za razlike boje između uzoraka pre i posle toplotnog dejstva dobijene su spektrofotometrijskim merenjima i predstavljene su u tabeli 8.4.2.11. Kao i u svim dosadašnjim slučajevima vrednosti su opadale sa povećanjem broja nanosa boje. U slučaju kada se štampa sa tri, četiri i pet nanosa boje razlika boje se generalno ne može ni uočiti. Veoma mala razlika boje je zabeležena u slučaju kada se uzorci odštampani sa jednim i dva nanosa boje izlože toplotnom dejstvu i uporede sa stanjem pre njega.

Tabela 8.4.2.11. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja toplotnom dejstvu - crna boja (materijal 2)

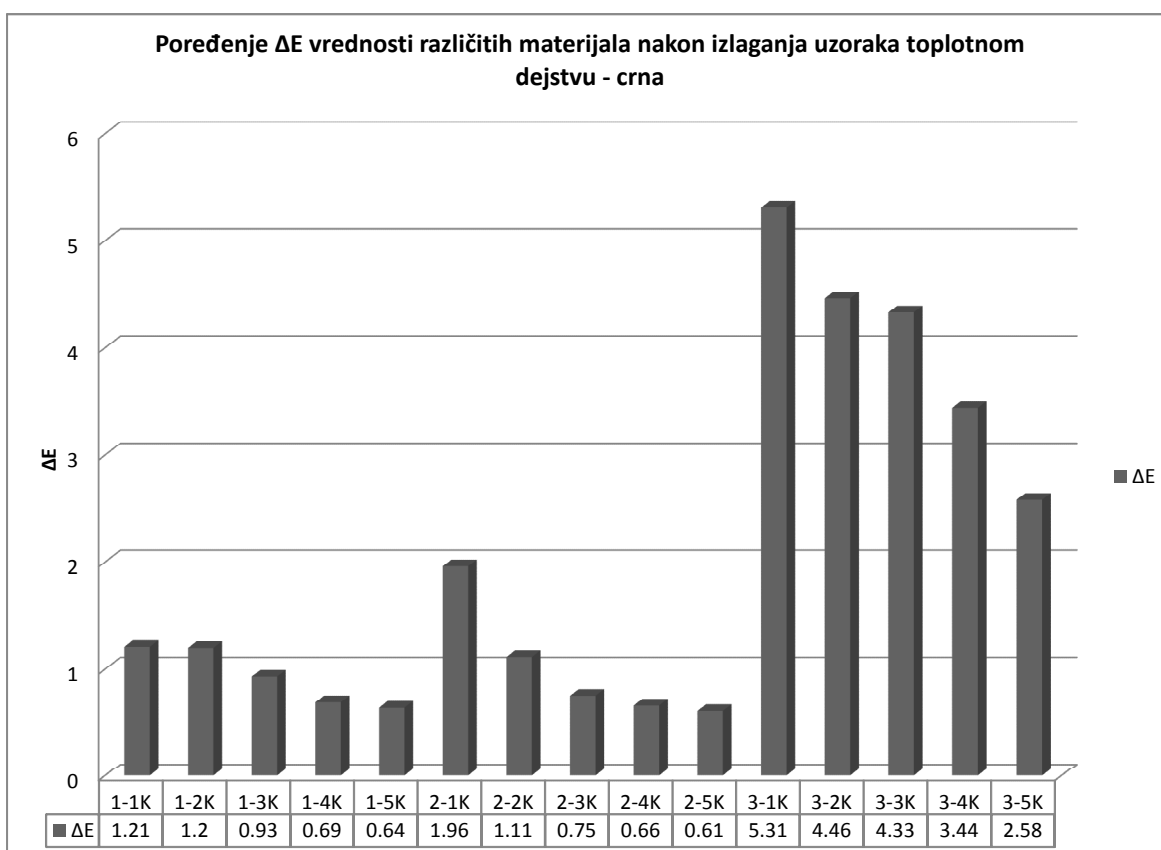
Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
2-1K	-1.36	-1.32	0.49	-1.41	-0.1	1.96
2-2K	0.07	-1.08	0.26	-1.1	-3.02	1.11
2-3K	-0.03	-0.66	0.35	-0.72	3.18	0.75
2-4K	-0.33	-0.5	0.27	-0.56	2.49	0.66
2-5K	-0.41	0.15	0.42	0	8.89	0.61

Poslednja analizirana grupa ovim merenjima je bila grupa uzoraka odštampanih sa različitim nanosima crne boje na materijal 3 što je i predstavljeno u tabeli 8.4.2.12. Iz ove tabele se vidi da povećanje broja nanosa boje u štampi, između uzoraka pre i posle toplotnog dejstva dovodi do smanjenja vrednosti za razliku boje. Dobijene vrednosti za razliku boje pre i posle toplotnog dejstva pripadaju grupi masivnih razlika (uzorak odštampan sa jednim nanosom boje), krupnih razlika (uzorci odštampani sa dva i tri nanosa boje) i srednjih razlika boje (uzorci odštampani sa četiri i pet nanosa boje).

Tabela 8.4.2.12. Određivanje vrednosti razlike boje za uzorke nakon izlaganja toplotnom dejstvu - crna boja (materijal 3)

Uzorak	ΔL	Δa	Δb	ΔC	Δh	ΔE
3-1K	-4.43	0.44	-2.89	0.3	321.57	5.31
3-2K	-3.88	-1.02	-1.93	-1.16	335.89	4.46
3-3K	-3.9	-0.33	-1.86	-0.54	338.88	4.33
3-4K	-2.88	-1.63	-0.93	-1.79	-4.95	3.44
3-5K	2.52	0.42	-0.35	0.3	-5.54	2.58

Poređenje rezultata za razliku boje između svih uzoraka pre i posle toplotnog dejstva je prikazano na slici 8.4.2.4. Sa te slike se vidi da su i ovaj put najveće vrednosti za razliku boje zabeležene kod uzoraka koji su odštampani sa različitim brojem nanosa crne boje na materijal 3. Približno iste vrednosti za razliku boje su zabeležene između grupa uzoraka koji su odštampani na materijalima 1 i 2.



Slika 8.4.2.4. $\Delta E_{a,b}$ između uzoraka pre i posle izlaganja toplotnom dejstvu - svi materijali (crna)

Toplotno dejstvo je izazivalo promenu obojenja odštampanih uzoraka. Spektrofotometrijska merenja su uočila razlike između uzoraka odštampanih na različitim materijalima. Tako su uzorci koji su odštampani na materijalu 3 imali najveće vrednosti za razliku boje bez obzira koji materijal je u pitanju. Važno je istaći da je mate-

rijal 3 imao najveću površinsku masu i gustinu pletenja od svih materijala. Vrednosti za razliku boje kod materijala 1 i 2 su bile približne, a to bi se moglo objasniti time što su njihove površinske mase i gustine pletenja približne. Ono što je bitno je to i da je povećanje nanosa boje pozitivno uticalo, tj. svakim nanosom boje smanjivala se vrednost za razliku boje.

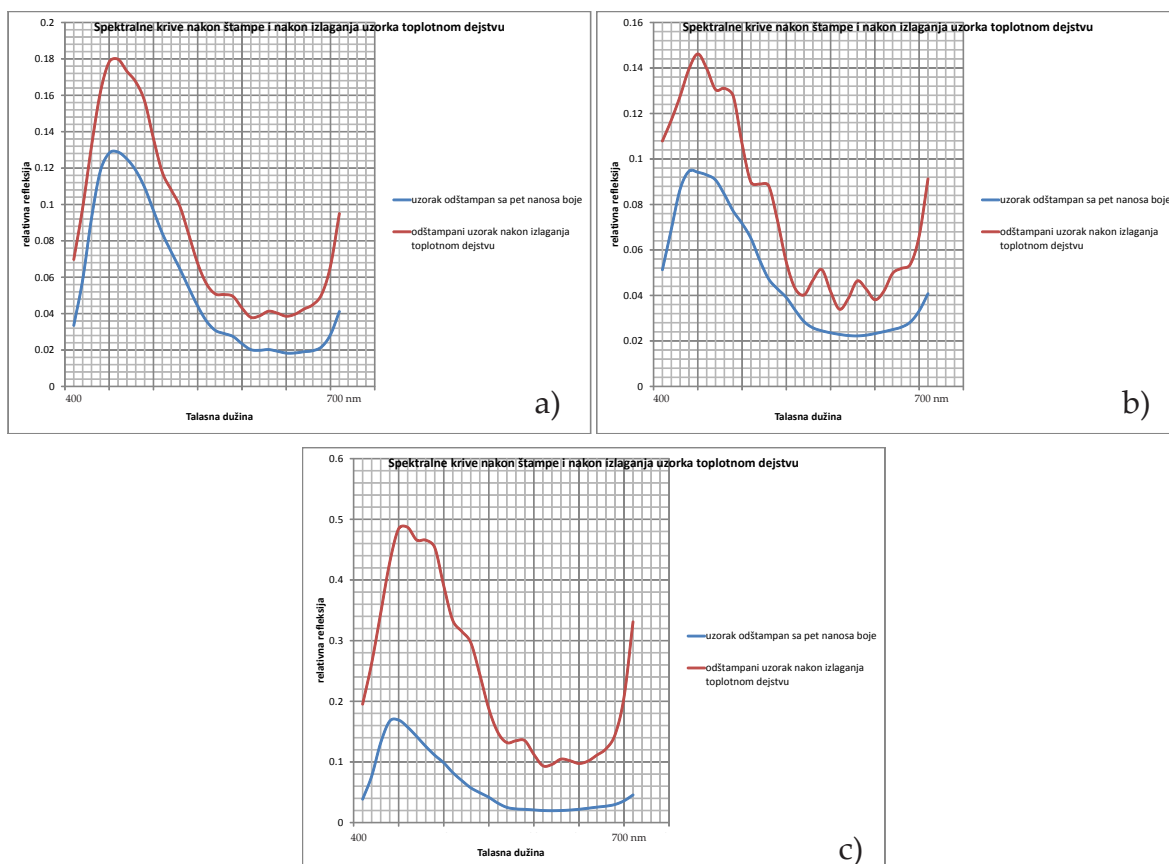
8.4.3. Određivanje spektralnih krivih za uzorke nakon toplotnog dejstva

Kao i u analizama drugih uticaja na uzorke i ovde su višena spektrofotometrijska merenja korišćenjem uređaja Spectro Dens. Pomoću njega su određene spektralne krive za sve uzorke kako posle štampe, tako i nakon delovanja grejnog elementa.

Pošto je analiza obuhvatala veliki broj uzoraka zbog nemogućnosti prikaza svih rezultata, na slikama je predstavljeno ponašanje reprezentativnih uzoraka. Kao reprezentativni uzorci uzeti su uzorci odštampani sa pet nanosa boje na svakom materijalu.

Na slici 8.4.3.1 a je dat prikaz spektralne krive uzorka odštampanog sa pet nanosa cijan boje na materijal 1 pri čemu je izvršeno poređenje sa istim uzorkom, ali nakon toplotnog dejstva.

Isto poređenje, ali za uzorak odštampan sa pet nanosa cijan boje na materijalu 2 je dato na slici 8.4.3.1 b, dok je na slici 8.4.3.1 c predstavljeno šta se dešava kada se na uzorak odštampan sa pet nanosa cijan boje na materijalu 3 toplotno deluje.

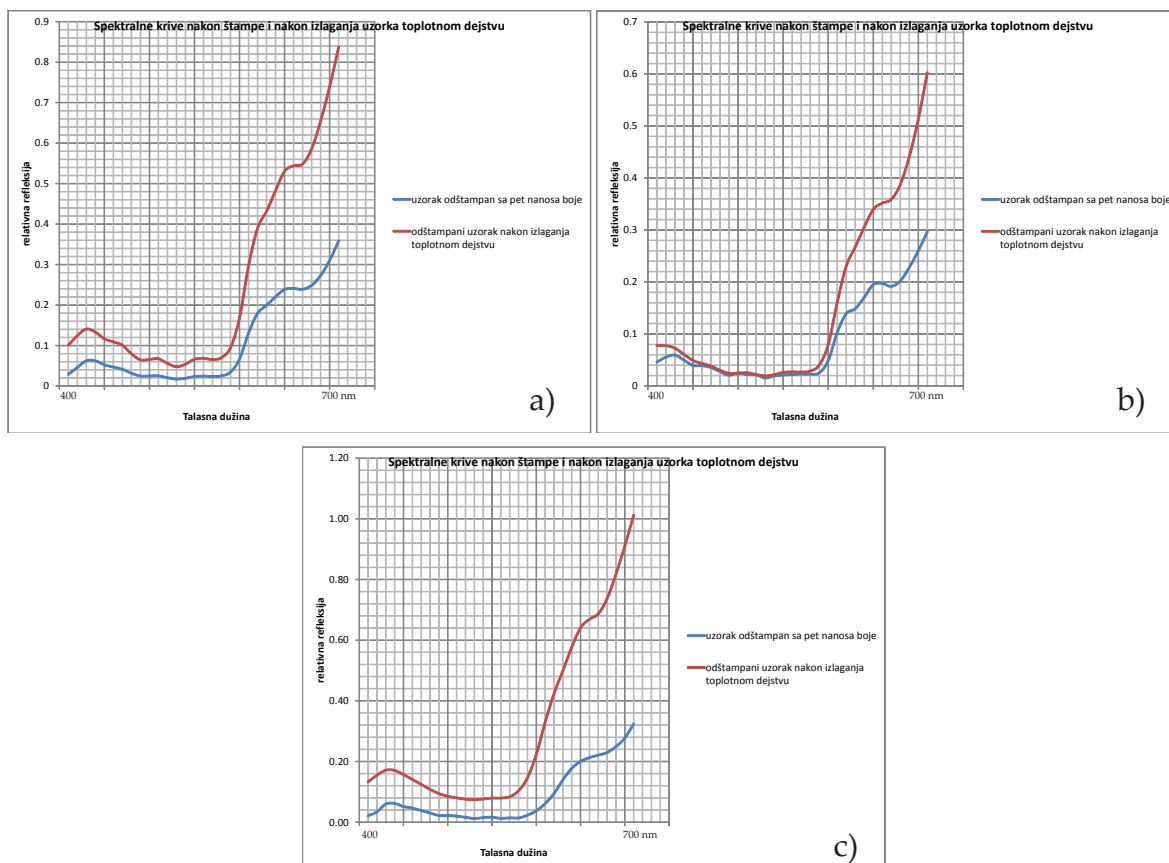


Slika 8.4.3.1. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom, pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Sa ovih slika se vidi da kod svih uzoraka toplotno dejstvo povećava relativnu refleksiju mada se mora istaći da je oblik spektralnih krivi približno isti. Ovo bi se moglo protumačiti da deo boje na površini uzoraka toplotnim dejstvom ispari, što dovodi do smanjenja K/S vrednosti i povećanja relativne refleksije. Prikaz spektralnih krivih za preostale uzorke dat je u prilogu disertacije P 2.

Potpuno isti obrazac ponašanja je zabeležen kod uzoraka odštampanih sa pet nanosa magenta boje nakon izlaganja toplotnom dejstvu.

Tako je na slikama 8.4.3.2 a, 8.4.3.2 b i 8.3.4.2 c dato poređenje uzoraka odštampanih sa pet nanosa magente i promena koje na njima izaziva toplotno dejstvo.



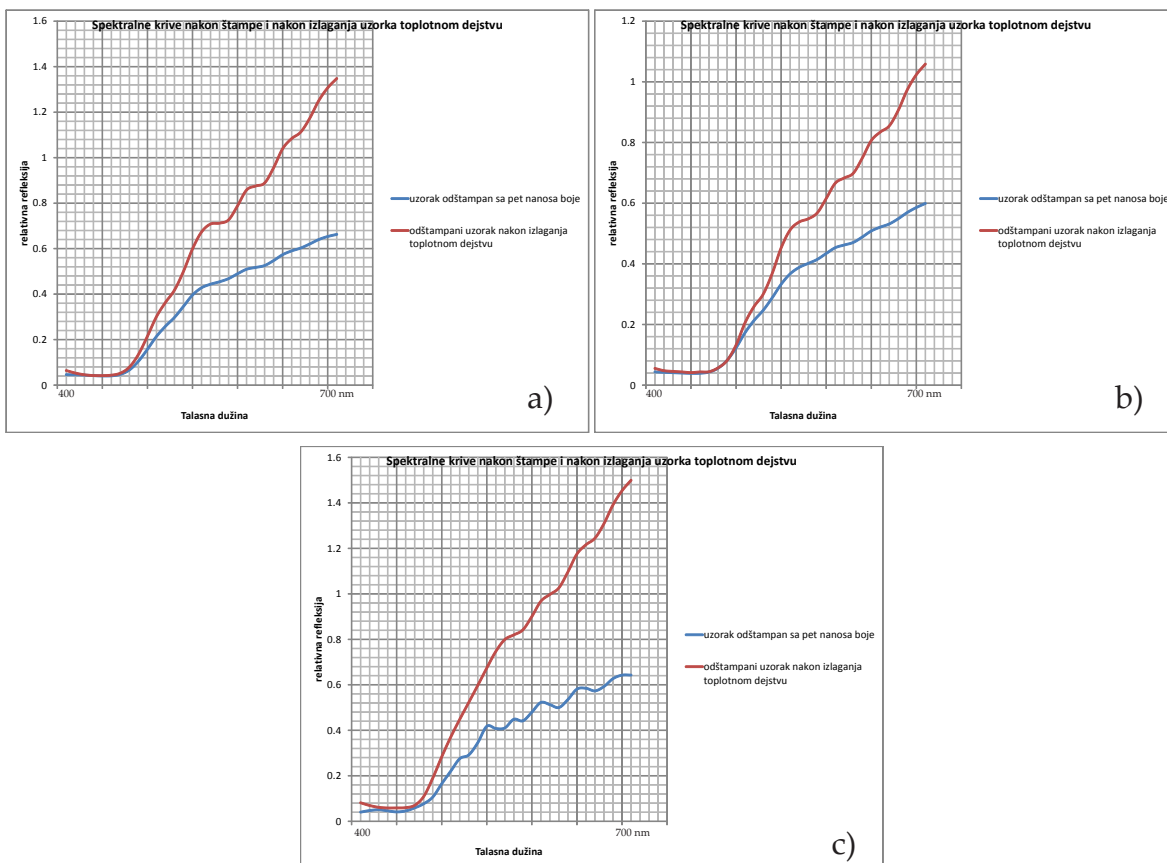
Slika 8.4.3.2. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom, pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Spektrofotometrijska merenja uzoraka odštampanih sa pet nanosa žute boje na materijalima 1, 2 i 3 predstavljena su na slikama 8.4.3.3 a, 8.4.3.3 b i 8.4.3.3 c.

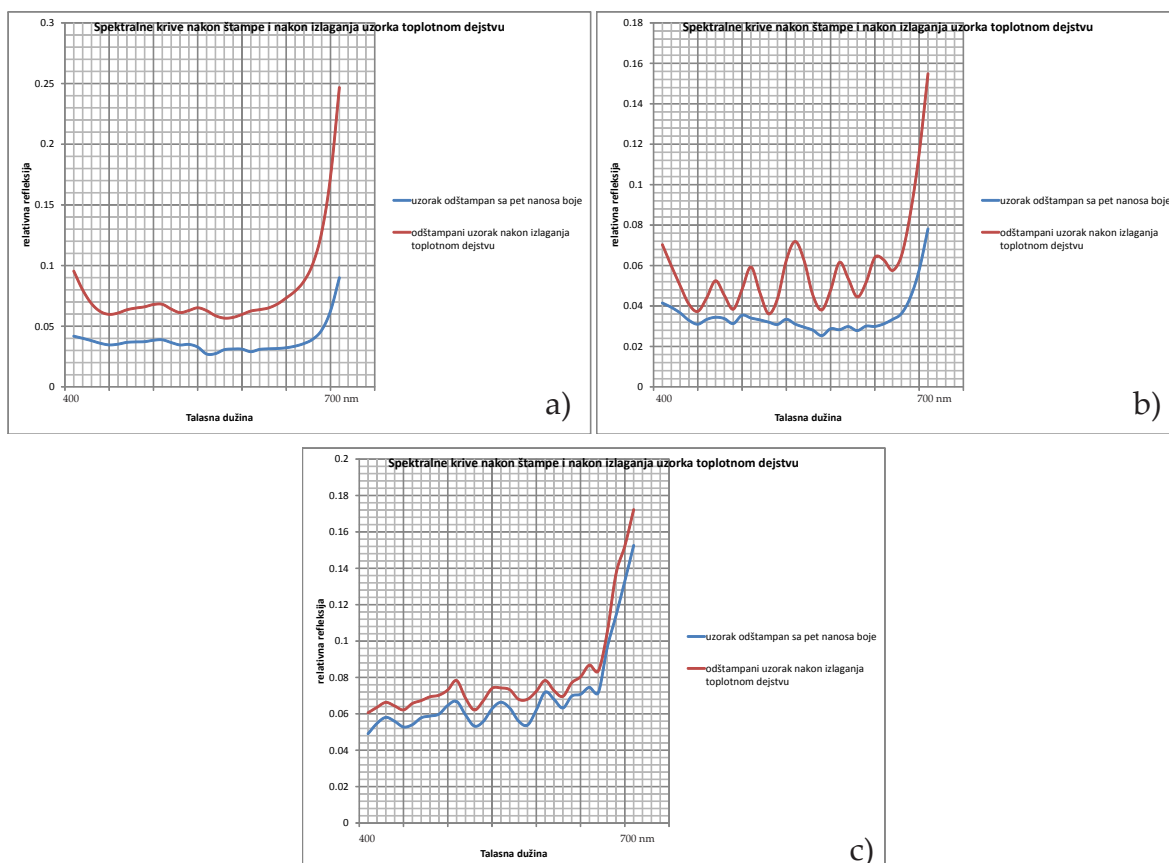
Ukoliko se obrati pažnja na poređenje spektralnih krivih pre i posle toplotnog dejstva može se uočiti da kod sva tri uzorka nakon toplotnog dejstva dolazi do povećanja reflektivnosti površine, ali da oblik spektralnih krivih ostaje isti.

Istovetno su se ponašali i uzorci odštampani na materijalima 1 (slika 8.4.3.4 a), 2 (slika 8.4.3.4 b) i 3 (slika 8.4.3.4 c) crnom bojom nakon toplotnog delovanja, tj. i kod njih je dolazilo do povećanja reflektivnosti površine.

Opšti zaključak bi bio da su spektrofotometrijska merenja na svim uzorcima su pokazala da bez obzira što oblik spektralne krive ostaje isti, toplotno dejstvo je kod svih uzoraka povećalo relativnu refleksiju.



Slika 8.4.3.3. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom, pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



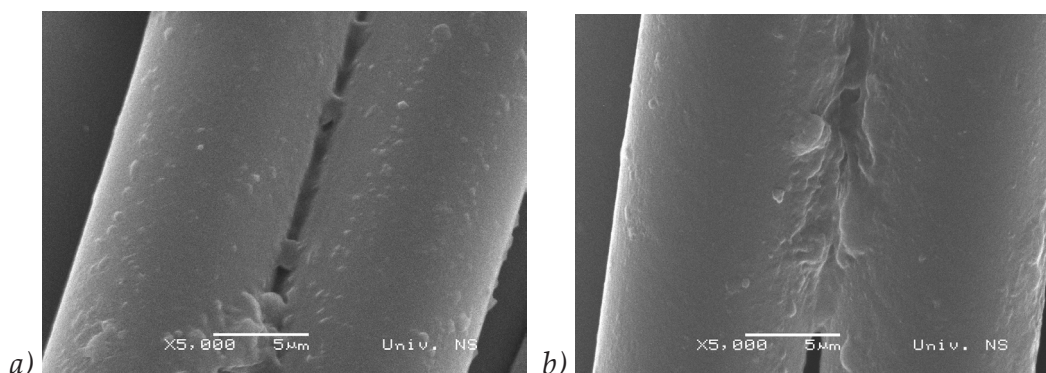
Slika 8.4.3.4. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom, pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

Ovakav način ponašanja uzoraka je u direktnoj vezi sa K/S vrednošću, tj. što je ona veća reflektivnost uzorka je manja. To je posledica toga što je manje svetlosti moglo upadati u međuprostor između vlakana (sve više vlakana je spojeno), kao i zbog većeg broja čestica boje koje su na površini upijale svetlost. Samim toplotnim dejstvom povećava se reflektivnost površine uzorka, što bi moglo dovesti do zaključka da je deo boje u tom procesu uklonjen.

8.4.4. SEM analiza uzoraka nakon toplotnog dejstva

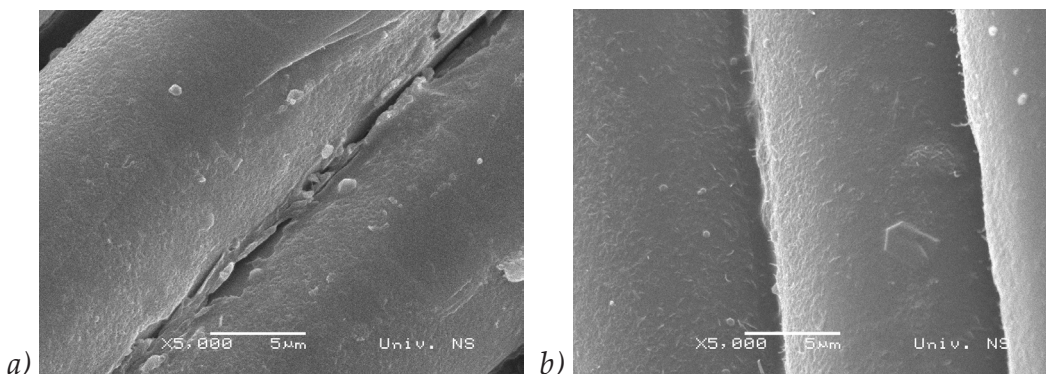
Mikroskopska analiza uzoraka odštampanih sa pet nanosa cijan boje nakon toplotnog dejstva predstavljena je u nastavku. Na svim snimcima dato je uvećanje od 5000 x, dok su preostali SEM snimci dati kao prilog rada - P 3.

Tako je mikroskopski snimak odštampanog uzorka sa pet nanosa boje na materijal 1 nakon toplotnog dejstva predstavljen na slici 8.4.4.1 b. Ukoliko se uporedi sa slikom 8.4.4.1 a koja predstavlja mikroskopski snimak nakon procesa štampe sa ove slike se vidi da je deo boje pod uticajem toplote utisnut između vlakana.



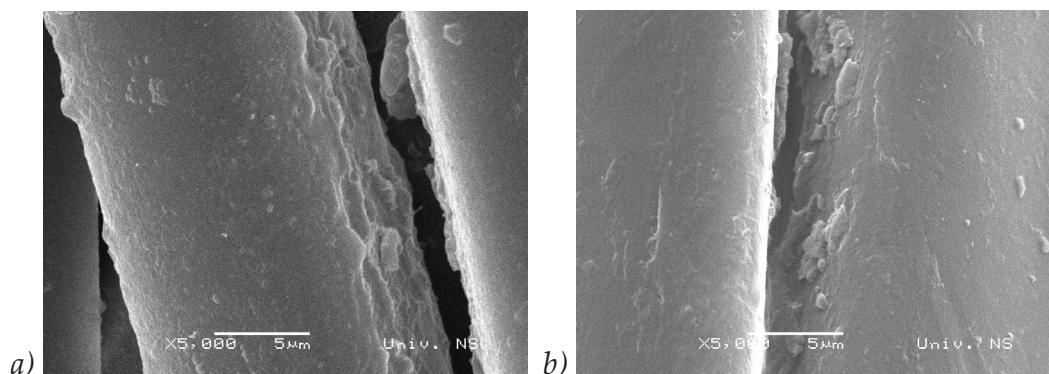
Slika 8.4.4.1. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje: a) nakon štampe, b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu - materijal 1 (5000 x uvećanje)

Na slici 8.4.4.2 b je dat mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje nakon izlaganja toplotnom uticaju. U poređenju sa slikom 8.4.4.2 a može se uočiti da određena količina boje pri toplotnom dejstvu nestane sa površine vlakana, čime se može i objasniti povećanje reflektivnosti površine nakon toplotnog dejstva.



Slika 8.4.4.2. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje: a) nakon štampe, b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu - materijal 2 (5000 x uvećanje)

Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje nakon toplotnog dejstva je dat na slici 8.4.4.3 b. Na slici 8.4.4.3 a koja predstavlja SEM snimak nakon procesa štampe uočava se veća količina čestica boje, dok se sa slike 8.4.4.3 b vidi da je toplotno dejstvo uklonilo određenu količinu čestica boje, što se događalo i pri prethodnim analizama drugih materijala. To je dovelo do povećanja relativne refleksije uzoraka. Mikroskopski snimci ostalih uzoraka i uvećanja dati su u prilogu rada - P 3.



Slika 8.4.4.3. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje:
a) nakon štampe, b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu - materijal 3 (5000 x uvećanje)

8.5. Rezultati merenja uzoraka nakon izlaganja uticaju trljanja

Poslednji uticaj kome su uzorci odštampani različitim nanosima boje izloženi bio je uticaj trljanja. Izlaganje uzoraka se vršilo prema standardu ISO 105-X12, te su nakon tog izlaganja promene na svim uzorcima ocenjene prema sivoj skali.

Važno je napomenuti da su se vršile ocene otpornosti obojenja na suvo i na mokro trljanje.

8.5.1. Vizuelne ocene

Prvobitno su određene analize na uzorcima odštampanim cijan bojom. Analiza uzoraka odštampanih različitim nanosima cijan boje na materijalu 1 pokazuje da otpornost obojenja na trljanje opada sa povećanjem broja nanosa. Ukoliko se govori o otpornosti obojenja na suvo prema sivoj skali uočava se da je ocena 5 zabeležena pri samo jednom nanosu cijan boje, dok se sa povećanjem broja nanosa ta ocena smanjivala. Iznosila je 4-5 za uzorke odštampane sa dva nanosa boje i 4 za uzorke dobijene štampom kod preostala tri nanosa boje.

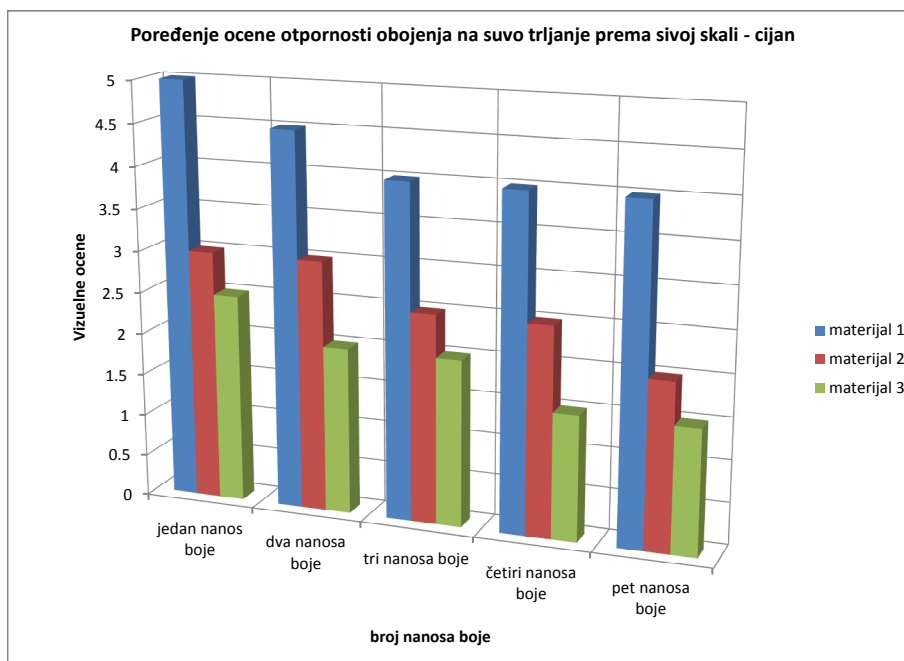
Još niže vrednosti su dobijene pri oceni otpornosti obojenja na mokro trljanje. One su se kretale od 4-5 (uzorak odštampan sa jednim nanosom boje) do 3 (uzorak odštampan sa pet nanosa boje). Ocena 4 je zabeležena pri štampi uzoraka sa dva nanosa boje, a 3-4 pri štampi uzoraka sa tri i četiri nanosa boje.

Ukoliko se pogleda ponašanje uzoraka koji su odštampani sa različitim brojem nanosa cijan boje na materijalu 2 uočava se da su vrednosti za otpornost boje na suvo trljanje iznosile: 3 (kod uzoraka odštampanih sa jednim i dva nanosa boje), 2-3 (kod uzoraka odštampanih sa tri i četiri nanosa boje) i 2 (kod uzoraka odštampanih sa pet nanosa boje). U poređenju sa rezultatima dobijenim na uzorcima koji su bili odštampani na materijalu 1, moglo bi se uočiti da su ove vrednosti manje, kako pri prelazu boje na suvo, tako i pri prelazu boje na mokro. Samim tim pri štampi cijan boje materijal 2 se pokazao manje otporan nego materijal 1 na proces trljanja. Vrednosti za otpornost obojenja na mokro trljanje su bile veoma niske. Iznosile su kod uzoraka odštampanih sa jedan, dva, tri i četiri nanosa samo 2, dok je kod uzorka odštampanog sa pet nanosa boje ta vrednost još bila niža i iznosila je 1-2.

U poređenju sa uzorcima odštampanim pod istovetnim uslovima na materijalu 1 i 2, kod uzoraka odštampanih na materijalu 3 zabeležene su niže ocene. Najveća ocena je zabeležena kod otpornosti boje na suvo trljanje i iznosila je 2-3 (uzorak odštampan sa jednim nanosom boje), dok je najmanja ocena zabeležena pri štampi uzoraka sa četiri i pet nanosa boje i iznosila je 1-2. Vrednost 2 je zabeležena kod uzoraka odštampanih sa dva i tri nanosa boje. Ocene uzoraka pri analize otpornosti obojenja na mokro trljanje iznosile su 1-2 (kod uzoraka odštampanih sa jednim, dva i tri nanosa boje) i 1 (kod uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje).

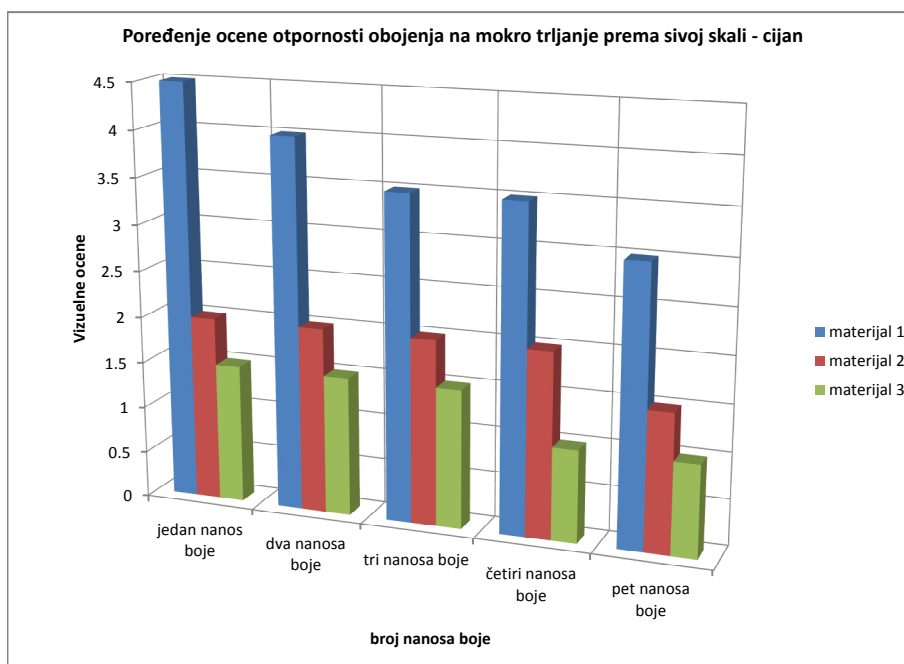
Ukoliko se uporede rezultati otpornosti na suvo trljanje za sve materijale, kada je u pitanju cijan boja može se uočiti da su najniže ocene zabeležene kod uzoraka odštampanih na materijalu 3. Taj materijal je imao najveću površinsku masu i gustinu pletenja. Najbolje ocene su zabeležene pri analizi uzoraka odštampanih na

materijalu 1 koji je pokazao zaista veliku otpornost na suvo trljanje. Na slici 8.5.1.1 je dato poređenje otpornosti obojenja na suvo trljanje za sve materijale.



Slika 8.5.1.1. Poređenje otpornosti obojenja materijala na suvo trljanje - cijan

Isti obrazac ponašanja je zabeležen pri poređenju rezultata otpornosti na mokro trljanje (slika 8.5.1.2). Najveće ocene su zabeležene pri analizi uzoraka odštampanih na materijalu 1, a najniže kod uzoraka odštampanih na materijalu 3. Ocene su visoke samo kada su u pitanju uzorci odštampani sa jednim i dva nanosa boje. Sa daljim povećanjem broja nanosa boje otpornost obojenja je značajno opadala.



Slika 8.5.1.2. Poređenje otpornosti obojenja materijala na mokro trljanje - cijan

Problematikom otpornosti uzoraka na trljanje bavi se veliki broj autora. Tako su Zhang i Fang, 2009 analizirali koliku otpornost na uticaj trljanja će imati tretiranje plazmom poliestarskog materijala sa površinskom masom od 62 g/m². Proces štampe je izvršen grafičkim sistemom Mimaki JV4-180 koji je koristio cijan boju na bazi pigmenata. Dobijeni rezultati otpornosti na trljanje su bili veći pri suvom trljanju i iznosili su 3 bez obzira da li je uzorak tretiran ili ne. Pri ispitivanju mokrog trljanja dobijene su ocene 2-3 pre i posle plazma tretmana.

Zhang i Fang, 2011 su na sličan način pokušali da odrade ispitivanje uticaja trljanja plazma tretmanom. Koristili su iste uslove pri štampanju (isti materijal, štamparski sistem i boje), a tretiranje su vršili sa više plazma slojeva. Ni u ovom slučaju nisu uspeli da poboljšaju ocene otpornosti obojenja na suvo i mokro trljanje. Ocene kod svih uzoraka su bile 3 za suvo i 2-3 za mokro trljanje.

Činjenica je ipak da povećanje broja nanosa cijan boje nije pozitivno uticalo na otpornost uzoraka na trljanje.

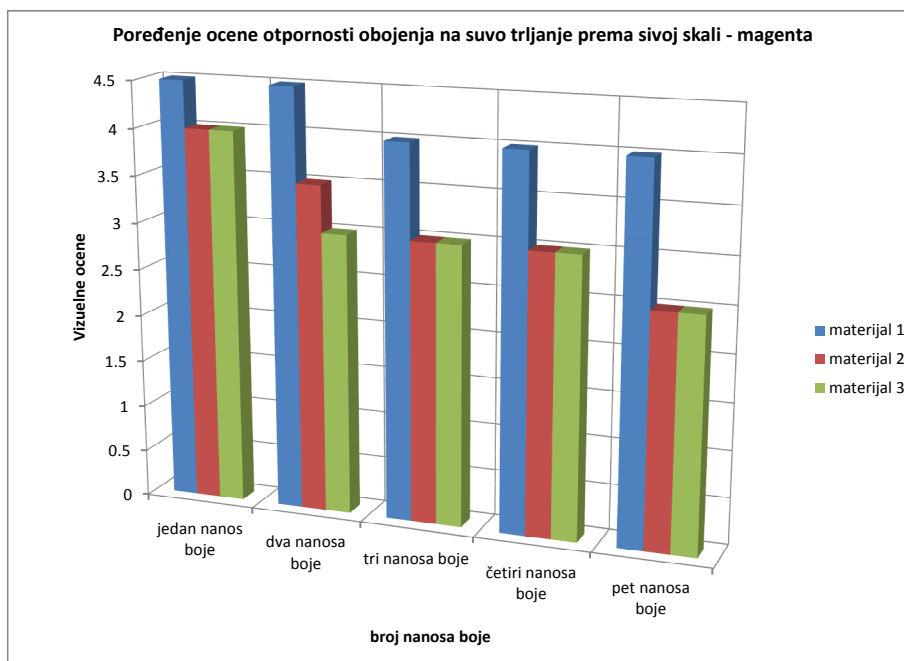
Analiza uzoraka odštampanih magentom na materijalu 1 je pokazala sličan obrazac ponašanja kao i analize uzoraka odštampanih cijan bojom. Naime vrednosti za ocenu otpornosti boje na mokro trljanje bile su manje i iznosile su od 4 (za uzorke odštampane sa jednim, dva, tri i četiri nanosa boje) do 3-4 za uzorak odštampan sa pet nanosa boje. Pri oceni otpornosti boje na suvo trljanje zabeležene su vrednosti: 4-5 (za uzorke odštampane sa jednim i dva nanosa boje) i 4 (za uzorke odštampane sa tri, četiri i pet nanosa boje).

Manju otpornost na trljanje imaju i u slučaju štampe različitim nanosima magente, uzorci odštampani na materijalu 2 u odnosu na uzorke odštampane na materijalu 1. Vrednosti za otpornost boje na suvo trljanje su bile veće od vrednosti za otpornost boje na mokro trljanje. One su iznosile 4 (kod uzoraka odštampanih sa jednim nanosom boje) do 2-3 (kod uzoraka odštampanih sa pet nanosa boje). Vrednost 3-4 je zabeležena kod uzoraka odštampanih sa dva nanosa boje dok je kod uzoraka odštampanih sa tri i četiri nanosa boje ta vrednost iznosila 3. Kod otpornosti boje na mokro trljanje najveća vrednost je zabeležena kod uzoraka odštampanih sa jednim i dva nanosa boje. Ona je iznosila 3 dok je najmanja vrednost 2 zabeležena kod uzoraka odštampanih sa pet nanosa boje. Uzorci odštampani sa tri i četiri nanosa boje imali su vrednost 2-3.

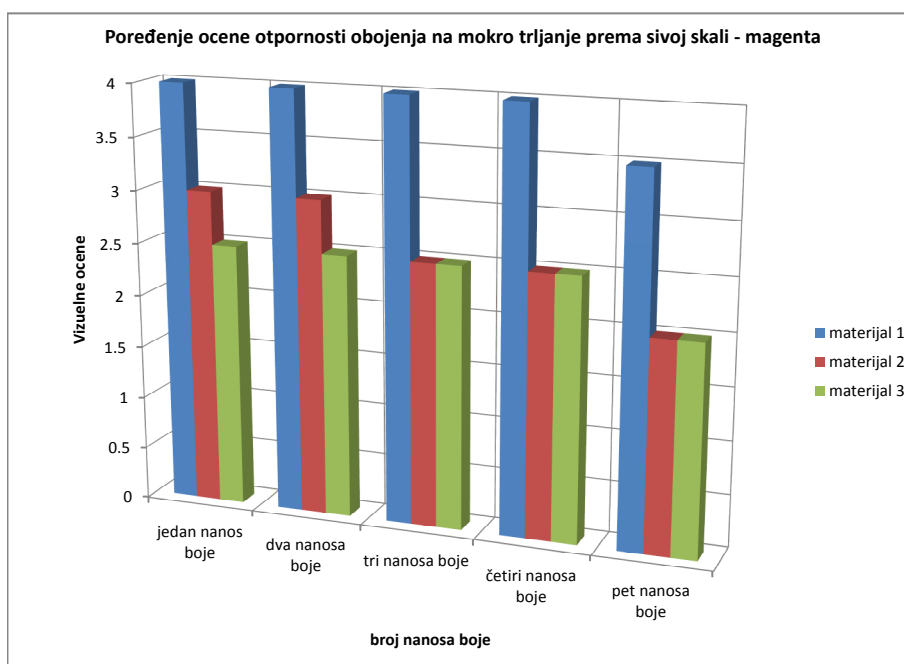
Analiza uzoraka odštampanih sa različitim nanosima magente na materijal 3 je pokazala da su i u ovom slučaju ti rezultati manji nego rezultati dobijeni analizom na materijalima 1 i 2. Kada je u pitanju ocena otpornosti boje na suvo trljanje, rezultati su bili sledeći: uzorak odštampan sa jednim nanosom boje je imao vrednost 4, uzorci odštampani sa dva, tri i četiri nanosa boje imali su ocenu 3, dok je uzorak odštampan sa pet nanosa boje imao ocenu 2-3. Ocene otpornosti boje na mokro trljanje bile su niže. Vrednost 2-3 je zabeležena kod uzoraka dobijenih štampom sa jednim, dva, tri i četiri nanosa boje, dok je najmanja zabeležena u slučaju štampe sa pet nanosa boje i iznosila je 2.

Ukoliko se za sva tri materijala uporedi njihova otpornost na uticaj trljanja uočava se da su uzorci odštampani na materijalu 1 najotporniji i na suvo i na mokro trljanje. Njihova otpornost je značajno veća od otpornosti uzoraka odštampanih na materijalima 2 i 3.

Na slici 8.5.1.3. je predstavljeno poređenje otpornosti materijala na suvo trljanje, dok je na slici 8.5.1.4 dato poređenje otpornosti materijala na mokro trljanje.



Slika 8.5.1.3. Poređenje otpornosti obojenja materijala na suvo trljanje - magenta



Slika 8.5.1.4. Poređenje otpornosti obojenja materijala na mokro trljanje - magenta

Problematikom otpornosti odštampanih uzoraka na proces trljanja bavi se veći broj naučnika. Tako su (Zhang i Fang, 2011) pokušali da plazma tretmanom povećaju otpornost uzoraka na proces trljanja. Uzorci su odštampani grafičkim sistemom Mimaki JV4-180 koji je koristio boje na bazi pigmenata. Kao podlogu su koristili poliestarski 62 g/m² tekstilni materijal, ali bez obzira na plazma tretmane otpornost na proces trljanja nije povećana. Ocene su bile 3 za suvo i 2-3 za mokro trljanje.

Momin, 2008 je pomoću tretmana chitosanom uspeo da poveća otpornost odštampanih uzoraka na suvo i na mokro trljanje. Koristio je Epsonove boje, a uspeo je da poveća otpornost na suvo trljanje sa 3 na 4. Otpornost uzoraka na mokro trljanje je povećana sa 2 na 2-3. I drugi autori su probali da chitosanom poboljšaju svojstva pri ink jet štampi, te je tako (Pui-Shan C, 2006) analizirao uticaj chitosana na uzorke dobijene štampom grafičkim sistemom Mimaki Tx2 - 1600. Tretman chitosanom je povećao otpornost uzoraka na mokro trljanje sa 3 na 4, dok je otpornost na suvo trljanje povećana sa 4 na 4-5.

Kao i u analizi uzoraka odštampanih cijan bojom i uzorci odštampani magenta bojom sa povećanjem broja nanosa imali su manju vrednost za otpornost obojenja na suvo i mokro trljanje. Na osnovu istraživanja drugih autora možda bi bilo moguće sa tretmanom podloge chitosanom održati vrednosti za otpornost uzoraka na trljanje i samim tim zadržati pozitivna svojstva koje je izazvalo povećanje broja nanosa boje na druge uticaje.

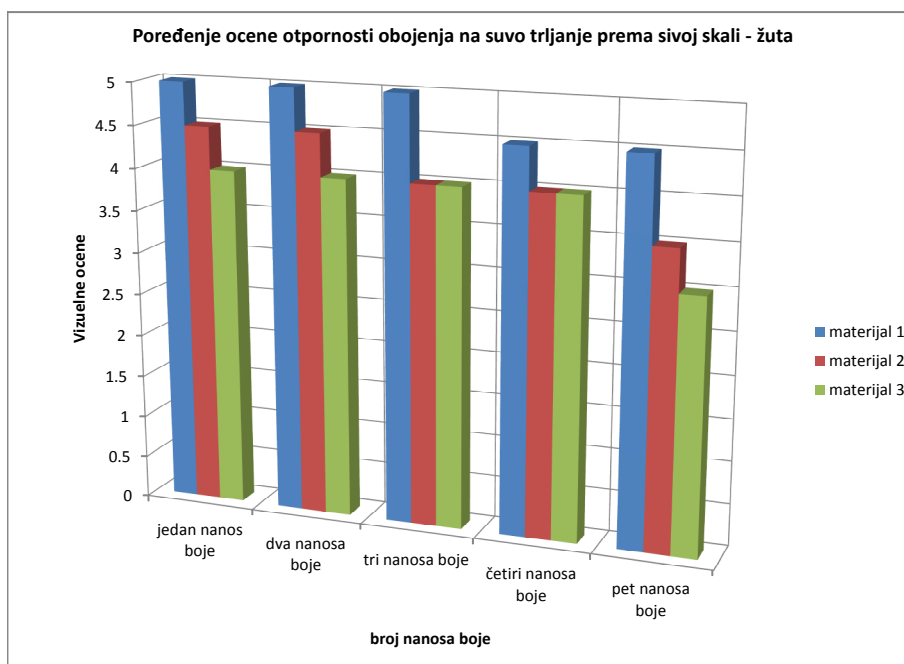
Treća grupa analiziranih uzoraka je bila grupa uzoraka koji su dobijeni različitim nanosima žute boje na materijal 1.

Kod te grupe uzoraka ukoliko se govori o otpornosti boje na mokro trljanje, prema sivoj skali zabeležena je ocena 4-5 za sve uzorke bez obzira na broj nanosa boje. Sa druge strane vrednosti otpornosti boje na suvo trljanje su bile veće. Ocena 5 je zabeležena kod uzoraka koji su odštampani sa jedan, dva i tri nanosa boje, dok je nešto niža ocena zabeležena kod uzoraka koji su odštampani sa četiri i pet nanosa boje. Ta ocena je iznosila 4-5.

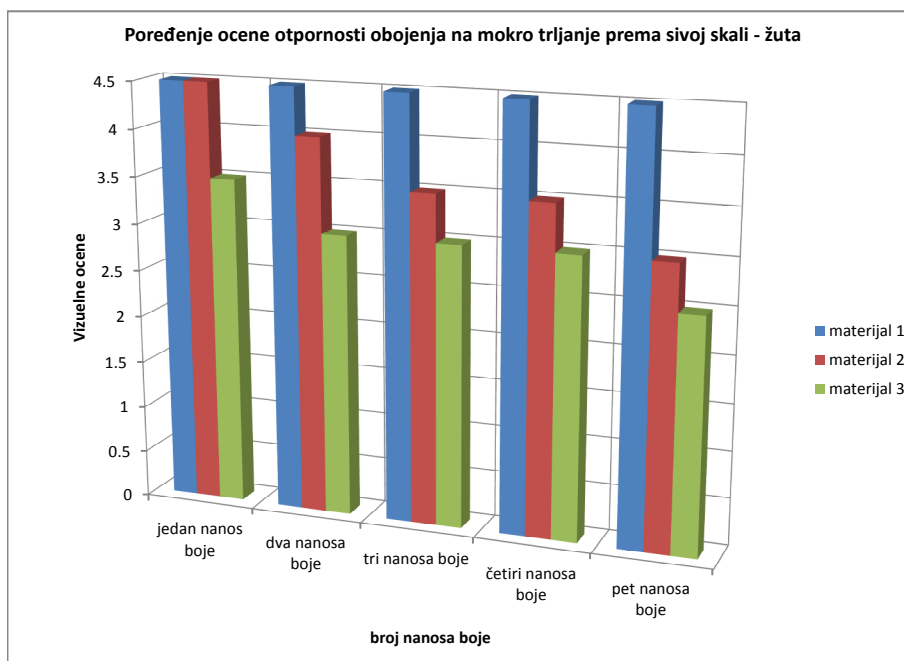
Ukoliko se posmatra analiza uzorka odštampanih različitim nanosima žute boje na materijalu 2 koji su izloženi trljanju moglo bi se zapaziti da su i u ovom slučaju dobijeni rezultati niži nego rezultati uzoraka odštampanih pod istovetnim uslovima, ali na materijalu 1. Vrednosti za otpornosti boje na suvo trljanje bile su u rasponu od 4-5 do 3-4, pri čemu je najveća vrednost bila kod uzoraka odštampanih sa jedan i dva nanosa boje. Nešto niža vrednost je zabeležena kod uzoraka odštampanih sa tri i četiri nanosa boje i ona je iznosila 4, dok je najniža vrednost zabeležena kod uzoraka sa pet nanosa boje. Ocene otpornosti boje na mokro trljanje bile su nešto niže. Samo u slučaju štampe na uzorak sa jednim nanosom boje ta ocena je bila ista kao i kod otpornosti na suvo trljanje i iznosila je 4-5. Ostale ocene su bile niže i iznosile su 4 kod uzorka odštampanog sa dva nanosa boje, 3-4 kod uzoraka odštampanih sa tri i četiri nanosa boje i 3 kod uzorka odštampanog sa pet nanosa boje.

Kao i prethodne dve procesne boje koje su analizirane pri štampi uzoraka odštampanih na materijalu 3 i ova procesna boja, tj. uzorci odštampani njom sa različitim brojem nanosa boje imali su manju ocenu nego uzorci odštampani na materijalu 1 i 2. Kod otpornosti boje na suvo trljanje te ocene su se kretale od 4 (kod uzoraka odštampanih sa jednim, dva, tri i četiri nanosa boje) do 3 (kod uzoraka dobijenih štampom sa pet nanosa boje). Sa druge strane, rezultati dobijeni pri oceni otpornosti boje na mokro trljanje su sledeći: 3-4 (uzorak odštampan sa jednim nanosom boje), 3 (uzorci odštampani sa dva, tri i četiri nanosa boje) i 2-3 (uzorak odštampan sa pet nanosa boje).

Kao i kod analize prethodnih uzoraka odštampanih cijan i magenta bojom i u ovoj analizi najbolja svojstva pokazali su uzorci odštampani na materijalu 1. Njihova otpornost je izrazito velika i mora se istaći da povećanje broja nanosa boje nije značajno uticalo na tu grupu uzoraka. Otpornost uzoraka odštampanih na materijalu 2 na suvo i mokro trljanje bila je veća od otpornosti uzoraka odštampanih na materijalu 3. Poređenje otpornosti obojena materijala na suvo trljanje predstavljeno je na slici 8.5.1.5, dok je na slici 8.5.1.6 dato poređenje otpornosti obojenja materijala na mokro trljanje.



Slika 8.5.1.5. Poređenje otpornosti obojenja materijala na suvo trljanje - žuta



Slika 8.5.1.6. Poređenje otpornosti obojenja materijala na mokro trljanje - žuta

Autori u svojim istraživanjima, kao i kod analize otpornosti drugih boja na trljanje pokušavaju da poboljšaju otpornost uzoraka raznim tretmanima. Tako su (Yuen i Kan, 2007) plazma tretmanom podloge sa sirovinskim sastavom od 100 % pamuka i površinskom masom od 136 g/m² pokušali da povećaju otpornost tih uzoraka. Štampa je izvršena pomoću grafičkog sistema Mimaki Tx2-1600, a otpornost je povećana sa 3 na 4 kod mokrog trljanja i sa 4 na 4-5 (suvo trljanje). Tretmani chitosanom su takođe povećavali otpornost uzorkom (Momin, 2008, Pui-Shan C, 2006). Momin, 2008 je uspeo da poveća otpornost uzoraka odštampanih Epson bojama sa 3 na 4 (suvo trljanje) i sa 1 na 2-3 (mokro trljanje). Istraživanja Pui-Shana, 2006 su povećala otpornost sa 3 na 4 kod mokrog trljanja i sa 4 na 4-5 kod suvog trljanja.

Negativan efekat povećanja broja nanosa boje na otpornost uzoraka pri procesu trljanje se pokazao i kod uzoraka odštampanih žutom bojom, tj. većim brojem nanosa boje smanjivana je otpornost uzoraka na proces trljanja.

Poslednja analizirana grupa uzoraka su uzorci odštampani različitim nanosima crne boje. Prvo su analizirani uzorci odštampani na materijalu 1.

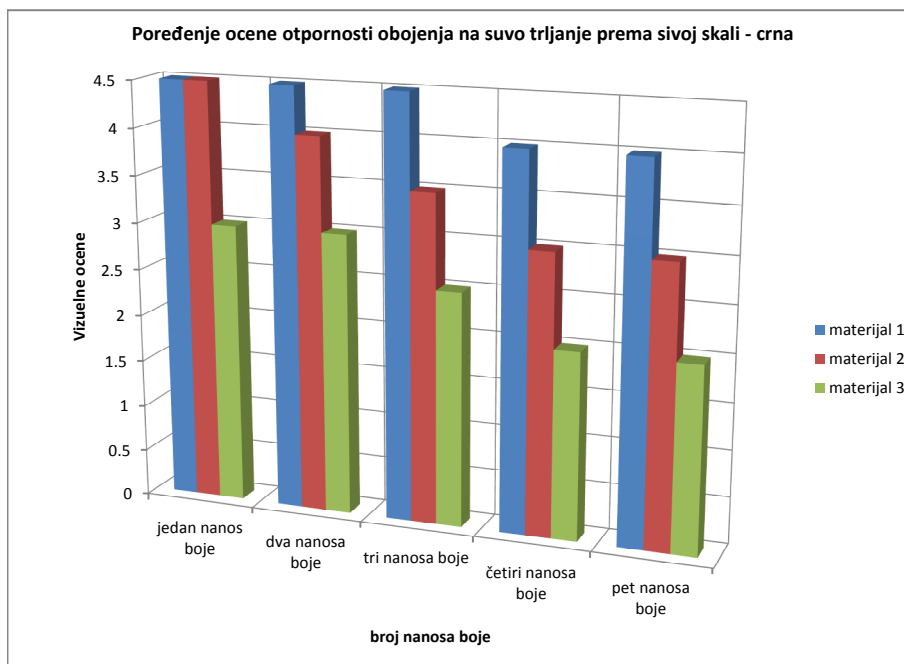
Ukoliko se govori o oceni otpornosti boje na suvo trljanje, moglo bi se istaći da je kod uzoraka odštampanih sa jednim, dva i tri nanosa boje zabeležena ocena 4-5. Kod uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje ta vrednost je bila nešto manja i iznosila je 4. Kod otpornosti boje na mokro trljanje, ocene su bile neznatno niže i iznosile su 4 (kod uzoraka odštampanih sa jednim i dva nanosa boje), 3-4 (kod uzoraka odštampanih sa tri nanosa boje) i 3 (kod uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje).

Kao i kod prethodne tri procesne boje, i kod uzoraka odštampanih različitim nanosima crne boje na materijal 2 zabeležene su niže ocene od vrednosti uzoraka odštampanih pod istim uslovima na materijalu 1. Ukoliko se govori o otpornosti boje na suvo trljanje, vrednosti su iznosile: 4-5 (uzorak odštampan sa jednim nanosom boje), 4 (uzorak odštampan sa dva nanosa boje), 3-4 (uzorak odštampan sa tri nanosa boje) i 3 (uzorci odštampani sa četiri i pet nanosa boje). Ocene za otpornost boje na mokro trljanje bile su nešto manje i iznosile su: 4 (uzorak odštampan sa jednim nanosom boje), 3-4 (uzorak odštampan sa dva nanosa boje), 3 (uzorak odštampan sa tri nanosa boje) i 2-3 (uzorci odštampani sa četiri i pet nanosa boje).

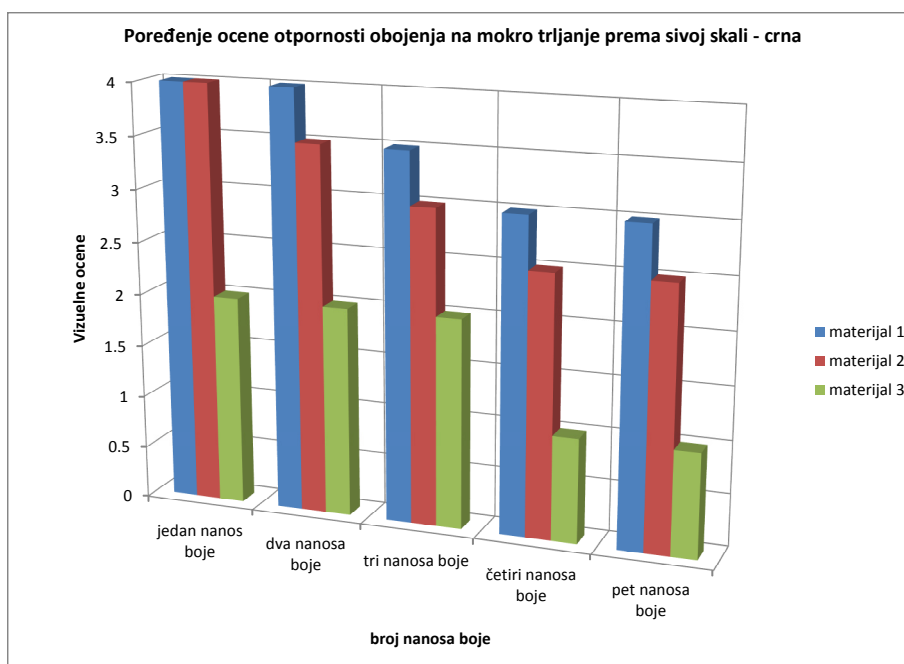
Poslednja analizirana grupa uzoraka je bila grupa uzoraka odštampanih različitim nanosima crne boje na materijalu 3. Dobijene vrednosti za ocenu otpornosti boje na suvo trljanje su: 3 (kod uzoraka odštampanih sa jednim i dva nanosa boje), 2-3 (kod uzorka odštampanog sa tri nanosa boje) i 2 (kod uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje). Vrednosti za otpornost boje na mokro trljanje su bile sledeće: 2 (kod uzoraka odštampanih sa jednim, dva i tri nanosa boje) i 1 (kod uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje).

Na osnovu pređašnjih analiza uzoraka odštampanih crnom bojom moglo se zaključiti da su uzorci odštampani na materijalu 3 najmanje otporni, dok su uzorci odštampani na materijalu 1 pokazali najveću otpornost u analizi procesa trljanja.

Poređenje otpornosti obojenja materijala na suvo trljanje predstavljeno je na slici 8.5.1.7, dok je na slici 8.5.1.8 predstavljeno poređenje otpornosti obojenja na mokro trljanje.



Slika 8.5.1.7. Poređenje otpornosti obojenja materijala na suvo trljanje - crna



Slika 8.5.1.8. Poređenje otpornosti obojenja materijala na mokro trljanje - crna

Jedan deo autora u istraživanjima se bavi otpornosti obojenja odštampanih crnom bojom na uzorcima. Tako su pomoću raznih kombinacija gama zračenja (Bhatti i ostali, 2011) uspeli da povećaju otpornost uzoraka odštampanih na pamuku sa 3 na 4-5 i kod suvog i kod mokrog trljanja.

Tretman chitosanom je i na ove uzorke pozitivno delova. U nekim istraživanjima je ocena otpornosti obojenja povećana sa 3 na 4 kod mokrog trljanja i sa 4 na 4-5 kod suvog trljanja (Pui-Shan C, 2006). Drugi istraživači (Momin, 2008) su chitosan tretmanom povećali otpornost sa 3 na 4 (suvo trljanje) i sa 1-2 na 3 (mokro trljanje).

Svi uzorci, nezavisno od boje su pri većem broju nanosa boje imali niže ocene. To bi se moglo objasniti time da je na površini uzoraka bila veća količina boje, koja je pod uticajem procesa trljanja opala. Naravno, to bi značilo da ukoliko je vrednost K/S veća, otpornost na trljanje je manja, prvenstveno zbog toga što u tom dejstvu može da se skine veća količina boje, pa je promena vidljivija.

Pošto je očigledno da u pri izlaganju uzoraka nekim uticajima povećanje nanosa boje pozitivno deluje negativan efekat koji se pokazao u ovom slučaju mogao bi da se umanjati eventualnim tretmanom podloge pre štampe.

9.0. ZAKLJUČAK

Istraživanje uticaja broja nanosa boje u kombinaciji sa različitim podlogama za štampu na otpornost obojenja na različite uticaje kojima su tekstilni materijali izloženi tokom eksploatacije je specifičan i kompleksan problem. Da bi se dao korektan odgovor na niz uticaja i kreirao model praćenja procesnih parametara potrebno je varirati više relevantnih uticajnih parametara što je u disertaciji predstavljeno. Korišćene podloge razlikovale su se prema površinskoj masi i gustini pletenja, a zajednički svojstvo im je bilo sirovinski sastav (100 % poliester). Ove vrste podloga su odabrane jer se najčešće koriste u štampi zastava zbog svojih karakteristika kao što u superiorna snaga i otpornost.

Sve podloge su analizirane pre štampe, kako bi se tačno znali njihove karakteristike, te sa nakon toga pristupilo štampi.

Analiziran je veći broj relevantnih istraživanja u ovoj oblasti. Veliki broj istraživanja, bavi se tretmanom podloga pre štampe, kako bi se dobio zadovoljavajući kvalitet otiska. U disertaciji pažnja je više okrenuta ka štampi i mogućnostima poboljšanja karakteristika štampanog materijala promenom parametara štampe, a sve u funkciji kvalitetnijeg otiska.

Tako je kao varijabilni parametar u štampi uzet broj nanosa boja, te se odgovarajuća test karta odštampana sa pet različitih nanosa boje. Značajno za eksperiment je da se test karta sastojala od četiri polja (prvo polje - 100 % cijan, drugo polje - 100 % magenta, treće polje - 100 % žuta, četvrto polje - 100 % crna). Štampanje je vršeno korišćenjem nano boja.

Nakon štampe za sve uzorke je odrađena kvalitativna i kvantitativna analiza štampanih površina, analiza fizičkih i hemijskih parametara sredstava za štampu, kao i spektrofotometrijska merenja uzoraka. Pored toga i mikroskopski je snimano kakve promene se na uzorcima dešavaju nakon nanošenja boje.

Nakon izvođenja pojedinačnih rezultata uradila se korelativna i statistička analiza svih rezultata u cilju definisanja i potvrđivanja instrumentalno dobijenih i izmerenih veličina.

Odštampani uzorci su izloženi procesima:

- uticaja svetlosti,
- uticaja pranja,
- uticaja toplotnog dejstva i
- uticaja trljanja.

Sva izlaganja su izvršena prema odgovarajućim standardima, da bi se uvidelo koliko će to dejstvo izmeniti strukturu materijala i otiska. Pored odgovarajućih vizuelnih ocena koja su predviđena standardima, u ispitivanjima su korišćena i spektrofotometrijska merenja. Bitno je naglasiti da su sve promene koje su se desile na uzorcima mikroskopski snimale.

Eksperimentom sa nizom varijabilnih faktora želela se dokazati hipoteza disertacije da je moguće razviti model praćenja procesnih parametara štampe tekstilnih materijala koji će omogućiti kvalitetniju i postojaniju štampu čime će se unaprediti proces izrade i korišćenja otiska.

Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izvući sledeći zaključci:

Povećanje broja nanosa boja dovelo je do povećanja K/S vrednosti uzoraka. U ovoj analizi je pokazano da na rezultate K/S vrednosti sem broja nanosa boje utiče i podloga tj. njena površinska masa i gustina pletenja.

Tako su najveće vrednosti za K/S pri štampi uzoraka sa 100 % vrednosti cijana i magente zabeležene kod materijala 2, a najmanje kod uzoraka odštampanih na materijalu 3.

Dalja ispitivanja su pokazala da se materijal 3, najbolje pokazao pri štampi polja sa 100 % vrednosti žute i crne boje, dok su najmanje vrednosti za K/S zabeležene pri štampi žutom bojom na materijal 2. Kada je u pitanju analiza uzoraka odštampanih sa 100 % crne boje, materijal 1 i 2 su pokazali slične rezultate.

Merenja K/S vrednosti su pokazala da je nanos boje uticajan faktor, ali da se neki rezultati mogu poboljšati i primenom odgovarajuće podloge za štampu.

Spektrofotometrijska merenja su pokazala da se sa povećanjem broja nanosa boje smanjuje reflektivnost površine, te se zaključilo da je ona u direktnoj vezi sa K/S vrednošću, tj. veća vrednost K/S dovodi do smanjenja relativne refleksije. To se može objasniti time da se na površini nalazio veći broj čestica boja što je potvrdila i mikroskopska analiza.

Takođe je određena i razlika boje između uzoraka sa najvećim brojem nanosa boje i preostalih uzoraka. Zapaženo je da su najveće razlike boje između uzoraka dobijenih štampom sa jednim i sa pet nanosa boje ($\Delta E > 12$), a najmanje između uzoraka odštampanih sa četiri i pet nanosa boje ($\Delta E < 6$).

Izlaganje odštampanih uzoraka svetlosti pokazuje da se sa povećanje broja nanosa boje povećava i postojanost na svetlost. Međutim, ukoliko se obrati pažnja na vizuelne ocene, te razlike u velikoj meri ne mogu da se uoče. Tako je za određenu grupu uzoraka vrednost za postojanost boje ista bez obzira na nanos boje, što u suštini nije potpuno tačno. Spektrofotometrijska merenja, između uzoraka pre i posle izlaganja uticaju svetlosti pokazala su da su najveće vrednosti za ΔE zabeležene kod uzoraka odštampanih samo sa jednim nanosom boje, dok su najmanje vrednosti za ΔE zabeležena kada su uzorci odštampani sa pet nanosa boje izloženi svetlosti. Ovo se takođe može povezati sa K/S vrednostima, odnosno što je njihova vrednost veća biće manja vrednost za razliku boje nakon izlaganja svetlosti.

Uticaj svetlosti se manifestovao i na relativnu refleksiju površine. Uzorci koji su izloženi uticajima svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima vremenom su povećali reflektivnost svoje površine zbog toga što se deo čestica boje uklonio sa površine što se potvrdilo i SEM analizom.

Proces pranja je takođe značajno uticao na uzorke, a povećanje broja nanosa

boje smanjilo je otpornost uzoraka na pranje što se potvrdilo vizuelnim ocenama i spektrofotometrijskim merenjima. To se može tumačiti time da je povećanjem K/S vrednosti zadržana veća količina čestica boje na površini uzoraka, te je upravo zbog toga i veća količina boje otpala sa uzoraka u procesu pranja. Vrednosti za ΔE su najveće nakon izlaganja pranju uzoraka odštampanih sa pet nanosa boje, a najmanje kada se uporede uzorci odštampani sa jednim nanosom boje pre i posle procesa pranja.

Takođe, relativna refleksija se povećala sa procesom pranja, jer je deo čestica nestao sa površine analiziranih uzoraka. To je i dokazano SEM snimcima.

Na rezultate nakon procesa pranja treba obratiti posebnu pažnju, jer je možda bolje povećati broj nanosa boje (bez obzira što izgled otiska možda nije takav kakav bismo želeli), kako bi se nakon procesa pranja, dobio željeni kvalitet otiska.

U eksperiment je uvršćena i termovizijska kamera, koja je pokazala ujednačenost toplotnog dejstva po čitavoj grejnoj površini.

Vizuelna ocena uzoraka nakon toplotnog dejstva pokazala je da uzorci imaju dobru otpornost na proces toplotnog dejstva, što je potvrđeno i spektrofotometrijskim merenjima pri određivanju vrednosti za razliku boje. Vrednosti za razliku boje su bile manje nego kada su uzorci bili podvrgnuti drugim uticajima.

Pri povećanju broja nanosa boje pri štampi vrednosti za razliku boja, između uzoraka pre i posle izlaganja toplotnom dejstvu su se smanjivale. Na osnovu tih rezultata moglo zaključuje se da je otiske koji će se često izlagati toplotnom dejstvu bolje štampati sa većim brojem nanosa boje.

Toplota je uticala i na refleksiju površine jer je deo čestica pod uticajem toplote nestao, a deo je ispario, pa je nakon ovog dejstva došlo i do povećanja relativne refleksije površine. Mikroskopski snimci su to i potvrdili.

Izlaganje odštampanih uzoraka trljanju je aktuelna tema u istraživanjima, ali je u istraživanjima bilo moguće primeniti samo vizuelnu ocenu uzoraka pre i posle izlaganja procesu trljanja. Dobijeni rezultati su pokazali da povećanje broja nanosa boje smanjuje otpornost i na suvo i na mokro trljanje.

Istraživanjima su se izdvojili uticajni parametri štampe na tekstilnim materijala iz velikog broja varijabilnih uticajnih parametara na osnovu čega se došlo do signifikantnih parametara procesa.

Na toj osnovi stvoren je model uticajnih procesnih parametara štampe tekstilnih materijala za odabir odgovarajuće podloge za štampu (dokazano je da pri reprodukciji nekih boja, površinska masa i gustina pletenja utiču na rezultate) i predvideti koliki broj nanosa boje je optimalan pri eksploataciji uzoraka.

Sistematizovanim eksperimentalnim istraživanjima metološki je razvijen model praćenja procesnih parametara štampe tekstilnih materijala koji za rezultat ima kvalitetnu i postojanu štampu sa upravljivim i predvidivim procesom na osnovi niza varijabilnih parametara čime je dokazana hipoteza rada.

Razvijeni model otvorio je mogućnost proširivanja istraživanja uticaja proce-

snih parametara na druge tehnike štampe i materijale sa kojima bi model postajao kompleksniji i sa kojim bi se dobile komparativne metode praćenja procesnih parametara. Ovim proširenjem bi se mogao povećati i broj varijabilnih parametara na osnovu čega bi se dobili kompleksniji signifikantni procesni parametri.

10.0. LITERATURA

AATCC Test Method, Colofastness to light: AATCC technical manual; 2000.

AATCC Test Method 16-2001

AATCC Test Method 61-2001

AATCC Test Method 8-2001

Akgun M, Becerir B., Alpay H. R. (2008) Assessment of Color Strength and Chroma Values, *Textile Research Journal*, 78 (3), pp. 264–271

Alman DH, Berns RS, Snyder GD, Larsen WA. (1989) Performance testing of color difference matrices using a color tolerance dataset. *Color Res Appl.*, 14, pp. 139–151.

American Association of Textile Chemists and Colorists. CMC: Calculation of Small Color Differences for Acceptability. Test Method 173– 2005. Research Triangle Park, NC: AATCC Technical Manual; 2007.

Antonino R., Elena S., Ruggero B., Claudia R., Francesco O., Giulio P., Laura M., Maria R.M., Bruno M. (2006) Cold plasma-induced modification of the dyeing properties of poly(ethylene terephthalate) fibers, *Applied Surface Science*, 252 2265–2275.

ASTM D2244–07. Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates. West Conshohocken, PA: ASTM International; 2007.

Attarchi N., Amirshahi S. H. (2009) Reconstruction of Reflectance Data by Modification of Berns' Gaussian Method, *COLOR research and application*, 34 (1), pp. 26 - 32

Avinc O. , Wilding M., Bone J., Phillips D., Farrington D. (2010) Evaluation of colour fastness and thermal migration in softened polylactic acid fabrics dyed with disperse dyes of differing hydrophobicity, *Coloration Technology*, 126, pp 353–364

Bai G., Liu Y. C. (2011) Methyl methacrylate-assisted dyeing of polyamide microfibre, *Coloration Technology*, 127, pp. 223–226

Bankvall C. (1973) Heat Transfer in Fibrous Material, *Journal of Testing and Evaluation*, 1 (3), pp. 235-243

Barashkov N. N., Liu R. (2001) Fluorescent Nanocolorants Based on Dye-Packaging Technology for Ink Jet Application, NIP17: International Conference on Digital Printing Technologies, Fort Lauderdale, Florida; September 2001, pp. 878-880

Berns R.S., Alman D.H., Reniff L., Snyder G.D., Balonon-Rosen M.R. (1991) Visual determination of supra threshold color-difference tolerances using probit analysis, *Color Res Appl*, 16, pp. 297–316.

Bhatti I. A., Adeel S., Asghar Jamal M. , Safdar M., Abbas M. (2010) Influence of gamma radiation on the colour strength and fastness properties of fabric using turmeric (*Curcuma longa* L.) as natural dye, *Radiation Physics and Chemistry*, 79, pp. 622–625

Bhatti I. A., Adeel S., Nadeem R., Asghar T. (2011) Improvement of colour strength and colourfastness properties of gamma irradiated cotton using Reactive Black-5, *Radiation Physics and Chemistry*, in print, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969806X11003689> (pristupljeno, 18.11.2011.,14:40)

Biry S., Sieber W. (2004) Organic Pigments for Ink Jet Applications: Key Properties and Impact on Ink Performance, NIP20: International Conference on Digital Printing Technologies, Salt Lake City, UT; October 2004; pp. 763-768

Bomberg M., Klarsfeld S. (1983) Semi-Empirical Model of Heat Transfer in Dry Mineral Fiber Insulations, *Journal of Thermal Insulation*, 6 (1), pp. 157-173

Bosch OC, Sanchez FR. (2004) Recent developments in derivative ultra violet/visible absorption spectrophotometry, *Anal Chim Acta*, 518, pp. 1-24.

Bozic M., Díaz-González M., Tzanov T., Guebitz G. M., Kokol V. (2009) Voltametric monitoring of enzyme-mediated indigo reduction in the presence of various fibre materials, *Enzyme and Microbial Technology*, 45, pp 317-323

British Standard 1006: B01/1-7, "British standard methods of test for colorfastness of textiles and leather". Milton Keynes, U.K.: British Standard Institution; 1990.

Calvimontes A., Dutschk V., Stamm M. (2010) Advances in Topographic Characterization of Textile Materials, *Textile Research Journal*, 80 (11), pp. 1004-1015

Carr W.W., Morris J.F., Schork F. J., Tincher W.C. (2002), Textile Ink Jet Performance and Print Quality Fundamentals, *Project Number: C99-G08*

Chairat M., Darumas U., Bremner J. B., Bangrakb P. (2010) Dyeing of cotton yarn with the aqueous extract of the leaves of *Eupatorium odoratum* L. in Thailand and associated extract toxicity studies, *Coloration Technology*, 127, pp. 346-353

Changa I.-S., Leea S. S., Choeb E. K. (2009) Digital textile printing (DTP) wastewater treatment using ozone and membrane filtration, *Desalination*, 235 (1-3), pp. 110-121

Chen W., Zhao S., Wang X. (2004) Improving the Color Yield of Ink-Jet Printing on Cationized Cotton, *Textile Research Journal*, 74 (1), pp. 68-71

Cheng Ch., Zhang L.Y., Zhan R.J. (2006) Surface modification of polymer fibre by the new atmospheric pressure cold plasma jet, *Surface and Coatings Technology*, 200, pp. 6659-6665.

Chepelyuk E. V. , Choogin V. V., Hui D., Cousens J. (2011) Method of determining key parameters of thread arrangement in structure of single-layer woven fabric for reinforcement of composite textile material, *World Journal of Engineering*, 8 (3), pp. 209-216

Chinese Standard GB/T 3921-2008 Textiles-Tests for Color Fastness-Color Fastness to Washing with Soap or Soap and Soda (Beijing: AQSIQ, 2008).

Chinese Standard GB/T 3920-2008 Textiles-Tests for Color Fastness-Color Fastness to Rubbing (Beijing: AQSIQ, 2008).

Chinese Standard GB/T 8427-2008 Textiles-Tests for Color Fastness-Color Fastness to Artificial Light: Xenon Arc Fading Lamp Test (Beijing: AQSIQ, 2008).

Choi P. S. R. , Yuen C. W. M. , Ku S. K. A. , Kan C. W. (2005) Digital Ink-jet Printing for Chitosan-treated Cotton Fabric, *Fibers and Polymers*, 6 (3), pp. 229-234

Chun J. H. (2011) A review of the characteristics of digital art expressed in contemporary fashion, *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 4 (3), pp. 161 - 171

CIE Publ. 116. Industrial Colour-Difference Evaluation. Vienna: CIE Central Bureau; 1995.

CIE Publication No. 142–2001. Improvement to Industrial Colour-Difference Evaluation. Vienna: CIE; 2001.

CIE: Technical Report: Industrial Color-difference Evaluation, (1995.) CIE Publication No. 116, Central Bureau of the CIE, Vienna, Austria

Clark M., Yang K., Lewis D. M. (2009) Modified 2,4-difluoro-5-chloro-pyrimidine dyes and their application in ink-jet printing on wool fabrics, *Coloration Technology*, 125, pp. 184–190

Clarke F. J. J., McDonald R., and Rigg B. (1984) Modification to the JPC79 Color-difference Formula, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 100 (4), pp. 128-132

Corberán J.M., Verde M., Gil M., Martinez N. (2010) Study of Adsorption Materials for their Application as Perspiration-absorbing Textiles, *Textile Research Journal*, 80 (12), pp. 1160–1171

Čunko R., Pezelj E. (2002) *Tekstilni materijali*, TTF, Zagreb, Hrvatska

Dabrowa T., Dziejulski D (2009) Study of the Dependence of Colour Gamut Volume Determined with Different Methods on Reflection Densities of the Process Inks Solids in Printing, *Science & technology*, 2, pp. 15-23

Dapeng L., 2004, *Coloration of textiles with nanoparticle pigments*, PHD Thesis, University of California

Dawson T. L. (2000) Ink-jet printing of textiles under the microscope, *Coloration Technology*, 116 (2), pp. 52–59

Dudzik S.: A simple method for defect area detection using active thermography, *Opto–Electronics Review* 17 (2009) 4, 338–344

Dudzik S.: Termolab – a digital measurement system for the thermal image processing, uses a universal matrix interface, Proc. 35th Inter–University Conf. of Metrologists MKM’03, Cracow, 2003., 95–98 (in Polish).

Dudzik S.: Analysis of the influence of cross–correlation coefficient between the input variables of the measurement model on the uncertainty of the temperature determination by means an infrared camera, Proc. 37th Inter–University Conf. of Metrologists MKM’05, Zielona Góra, , 2005., 195–203 (in Polish)

Džokić D. „Površinski aktivne materije (tenzidi)“, Naučna knjiga, Beograd, 1985

El-Molla M.M., Schneider R. (2006) Development of ecofriendly binders for pigment printing of all types of textile fabrics, *Dyes and Pigments*, 71 (2), pp. 130-137

El-Molla M.M. (2007) Synthesis of polyurethane acrylate oligomers as aqueous UV-curable binder for inks of ink jet in textile printing and pigment dyeing, *Dyes and Pigments*, 74 (2), pp. 371-379

Erkan G., Sengul K., Kaya S. (2011) Dyeing of white and indigo dyed cotton fabrics with *Mimosa tenuiflora* extract, *Journal of Saudi Chemical Society*,

Fang H., Hou Y., Liang T., Fan Q. (2011), Study status and development trends of digital inkjet printing of textiles, *Textile Auxiliaries*, 9

Fang K., Zhang C. (2009) Surface physical–morphological and chemical changes leading to performance enhancement of atmospheric pressure plasma treated polyester fabrics for inkjet printing, *Applied Surface Science*, 255, pp. 7561–7567

Fang K., Wang S., Wang C., Tian A. Inkjet Printing Effects of Pigment Inks on Silk Fabrics Surface-Modified with O₂ Plasma, *Journal of Applied Polymer Science*, 107, 2949–2955 (2008)

Fashandi H., Amirshahi S. H., Amani Tehran M. , Gorji Kandi S. (2010) Evaluation of Scanner Capability for Measuring the Color of Fabrics with Different Textures in Different Setups, *Fibers and Polymers*, 11 (5), pp. 767-774

Ferrero F., Periolatto M. (2011) Ultrasound for low temperature dyeing of wool with acid dye, *Ultrasonics Sonochemistry*, doi:10.1016/j.ultsonch.2011.10.006

Fralix, M.T. (2001), From mass production to mass customization, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 1 (2), pp. 1 -7

Gabrijelčić H., Dimitrovski K. (2007.) Numerički i grafički prikaz i usporedba dvobojnih tkanina s različitim modelima boja, *Tekstil*, 56 (4), pp. 209-220

Gabrijelčić H. , Dimitrovski K. (2009) Use of regression methods for determining the relation between theoretical–linear and spectrophotometrical colour values of bicolour woven structures, *Coloration Technology*, 125 (2), pp. 74–85

Giri Dev V.R., Venugopal J., Sudha S., Deepika G., Ramakrishna S. (2009) Dyeing and antimicrobial characteristics of chitosan treated wool fabrics with henna dye, *Carbohydrate Polymers*, 75, pp. 646–650

Gun A. D., Tiber B. (2011) Color, color fastness and abrasion properties of 50/50 bamboo/cotton blended plain knitted fabrics in three different stitch lengths, *Textile research journal*, 11, 1-13

Gorenšek M., Gorjanc M., Recelj P., Meden A. (2008) Parameters Influencing Dyeability of Cotton Warp at Dip-Dyeing for Jeans, *Textile Research Journal*, 78(6), pp. 524–531

Golob D., Parac Osterman Dj., Zupan J. (2008) Determination of Pigment Combinations for Textile Printing Using Artificial Neural Networks, *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 16 (3), pp. 93 - 98

Hattori H., Yoshizumi K., Cox Crews P. (2012) Wavelength sensitivity of AAT-CC Blue wool lightfastness standards under light radiation, *Dyes and Pigments*, 92, pp. 936- 941

Herascu N., Simileanu M., Radvan R. (2008) Color changes in the artwork mate-

- rials aged by UV radiation, *Romanian Reports in Physics*, 60 (1), pp. 95–103
- Horrocks, A.R. (2000) Handbook of Technical Textiles, The Textile Institute, 2000.
- Hou A., Yu J., Shi Y. (2008) Preparation and surface properties of the polysiloxane material modified with fluorocarbon side chains, *European Polymer Journal*, 44, pp. 1696–1700
- Hu Z., Xue M., Zhang Q., Sheng Q., Liu Y. (2008), Nanocolorants: A novel class of colorants, the preparation and performance characterization, *Dyes and Pigments*, 76, pp. 173-178
- Ikiz Y., Keskin R. (2011) Fastness and PF/3 evaluations of reactive dyestuffs, *Scientific Research and Essays*, 6 (7), pp. 1498-1506
- Ingram S. T. (1999) Screen Printing Primer, Second edition, Graphic Arts Technical Foundation Pittsburg Second Edition, USA
- ISO 105-B02. Tests colour fastness. Colour fastness to artificial light: xenon arc fading lamp test.
- ISO 105-C01:1989 Textiles—Tests for color fastness. Part C01: Color fastness to washing: Test 1 (Geneva: International Organization for Standardization, 1989).
- ISO 105-J03. Textiles—Tests for Colour Fastness—Part J03: Calculation of Colour Differences. Geneva: International Organization for Standardization; 1995.
- ISO 105-X11:1994 Textiles -- Tests for colour fastness -- Part X11: Colour fastness to hot pressing
- ISO 105-X12, Textiles – tests for colour fastness – Part X12: Colour fastness to rubbing, 1993.
- Japanese Industrial Standard L0841: “Test methods for colour fastness to daylight”. Tokyo, Japan: Japanese Industrial Standard Association; 2004.
- Jing J. F., Li P.F, Wang J. (2010) The Registration Detection System of Rotary Screen Printing Machine Based on the Machine Vision Technology, *Applied Mechanics and Materials*, 29 - 32, pp. 896-900
- John M., Anandjiwala RD. (2009) Surface modification and preparation techniques for textile materials. Surface modification of textiles, Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, UK
- Jørgensen M. , Hagemann O., Alstrup J., Krebs F. C. (2009) Thermo-cleavable solvents for printing conjugated polymers: Application in polymer solar cells, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 93, pp. 413–421
- Kaimouz A. W., Wardman R. H., Christie R. M. (2010) The inkjet printing process for Lyocell and cotton fibres. Part 1: The significance of pre-treatment chemicals and their relationship with colour strength, absorbed dye fixation and ink penetration, *Dyes and Pigments*, 84, pp 79–87
- Kaimouz A. W., Wardman R. H., Christie R. M. (2010) Ink-jet printing process for lyocell and cotton fibres. Part 2: The relationship of colour strength and dye fixation to ink penetration, *Coloration Technology*, 126, pp. 342–347

Kanik, M. and Hauser, P. J. (2003), Ink-jet printing of cationised cotton using reactive inks. *Coloration Technology*, 119: 230–234. doi: 10.1111/j.1478-4408.2003.tb00177.x

Kanth S. V., Venba R., Madhan B., Chandrababu N.K., Sadulla S. (2009) Cleaner tanning practices for tannery pollution abatement: Role of enzymes in eco-friendly vegetable tanning, *Journal of Cleaner Production* , 17, pp. 507–515

Kalantzi S., Mamma D., Kalogeris E., Kekos D. (2010) Improved Properties of Cotton Fabrics Treated with Lipase and its Combination with Pectinase, *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 18 (5), pp. 86-92

Karpinska J. (2004) Derivative spectrophotometry-recent applications and directions of developments. *Talanta*, 64, pp. 801–804.

Kašiković N., Novaković D., Vladić G., Klančnik M. (2011) Influence Of Heat Treatment On Characteristics Of Inkjet Prints On Textile Material, *Journal of Graphic Engineering and Design*, 2 (1), pp. 24 - 30

Kašiković N., Novaković D., Vladić G., Klančnik M. (2011) Influence of Aging Process During Exploitation of Textile Material Printed by Digital Inkjet Printing Technique, Xth Seminar in Graphic Arts, 2011. Pardubice, Czech republic, pp 116 – 122

Kašiković N., Vladić G., Avramović D., Zeljković Ž. (2010) Analysis of roughness changes in digitally printed polyester material exposed to thermal load, *The Fifth International Symposium GRID 2010, Faculty of Technical Sciences*, November, 2010, Novi Sad, Serbia, pp. 249-254

Kiatkamjornwong S., Putthimai P., Noguchi H. Comparison of textile print quality between inkjet and screen printings, *Surface coatings international part b: coatings transactions*, 88 (1), pp. 25-34

Kim D. H., Nobbs J. H. (1997) New Weighting Functions for the Weighted CIELAB Color Difference Formula, *Proc 8th Cong AIC Colour 97*, 1997, Kyoto, Japan pp. 446–449

Kim D. H., , Cho E. K. , Kim J. P. (2001) Evaluation of CIELAB-Based Colour-Difference Formulae Using a New Dataset, *Color Research & Application*, 26 (5), pp. 369 - 375

Kim, S. H. (2009) Developing textile design having watercolor effect and woven texture using Photoshop for Transfer Digital Textile Printing(DTP), *Journal of Fashion Business*, 13 (6), pp. 89-98

Kim, J.K.,Jo,C.,Hwang,H.J.,Park,H.J.,Kim,Y.J.,Byun,M.W., (2006) Colour improvement by irradiation of Curcuma extract for industrial application aromatica, *Radiat.Phys.Chem*, 75(3), pp. 449–452.

Kim S., Silva C., Evtuguin D. V., Gamelas J. A. F., Cavaco-Paulo A. (2011) Polyoxyometalate/laccase-mediated oxidative polymerization of catechol for textile dyeing, *Appl Microbiol Biotechnol*, 89, pp. 981–987

Kokas-Palicska L., Szücs I., Borka Z. (2008) Characterisation of Fabric Drape Using Spectral Functions, *Acta Polytechnica Hungarica*, 5 (3), pp. 75 - 85

Krebs F. C. (2009) Polymer solar cell modules prepared using roll-to-roll methods: Knife-over-edge coating, slot-die coating and screen printing, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 93, pp. 465–475

Krebs F. C., Jørgensen M., Norrman K., Hagemann O., Alstrup J., Nielsen T. D., Fyenbo J., Larsen K., Kristensen J. (2009) A complete process for production of flexible large area polymer solar cell entirely using screen printing—First public demonstration, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 93, pp. 422–441

Križan B. (1984) Parametri površinske hrapavosti, *Strojarstvo*, 26 (2), pp. 109–115, 1984.

Krump H., Hudec I., Jasso M., Dayss E., Luyt A.S. (2006) Physical–morphological and chemical changes leading to an increase in adhesion between plasma treated polyester fibres and a rubber matrix, *Applied Surface Science* 252, pp. 4264–4278.

Kubelka P., Munk F. (1931) Ein Beitrag zur Optik der Farbanstriche. *Zeits. f. techn. Physik*, 12, pp. 593–601

Lam Y. L., Kan C. W., Yuen C. W. M. (2011) Physical and chemical analysis of plasma-treated cotton fabric subjected to wrinkle-resistant finishing, *Cellulose*, 18, pp 493–503

Lee S., Shamey R., Hinks D., Jasper W. (2011) Development of a Comprehensive Visual Dataset Based on a CIE Blue Color Center: Assessment of Color Difference Formulae Using Various Statistical Methods *Geol. COLOR research and application*, 36 (1), pp. 27 - 41

Lee T. M., Choi Y. J., Nam S. Y., You C. W., Na D. Y., Choi H. C., Shin D. Y., Kim K. Y., Jung K. I. (2008) Color filter patterned by screen printing, *Thin Solid Films*, 516, pp. 7875–7880

Leelajariyakul S., Noguchi H., Kiatkamjornwong S. (2008) Surface-modified and micro-encapsulated pigmented inks for ink jet printing on textile fabrics, *Progress in Organic Coatings*, 62, pp. 145–161

Little A. F., Christie R. M. (2010) Textile applications of photochromic dyes. Part 2: factors affecting the photocoloration of textiles screen-printed with commercial photochromic dyes, *Coloration Technology*, 126, pp. 164–170

Liu X., Huang J., Huang Ji., Li W., Xu W. (2011) Coating Superfine Down Powder on Polypropylene for the Production of Dyeable Fibers, *Fibers and Polymers*, 12 (2), pp. 220–225

Luo, M. R., Rigg, B. (1987) BFD (l : c) Color-difference Formula. Part I – Development of the Formula of the Formula, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 103 (2), pp. 86–94

Luo M. R., Cui G., Rigg B. (2001) The Development of the CIE 2000 Color difference Formula: CIEDE2000, *Color Research & Application*, 26 (5), pp. 340–350

Madura H.: *Thermovision Measurements in Practice*, Measurement, Automation, Control Publishers, Warsaw, 2004. (in Polish)

Mao N, Russell S.J. (2007) *The Thermal Insulation Properties of Spacer Fabrics*

with a Mechanically Integrated Wool Fiber Surface, *Textile Research Journal*, 77, pp. 914-922

Masaru O. , Kazuhide Y., Yukio A. (2010) Textile Printing by the Ink-Jet Printer, *Nihon Gazo Gakkaishi/Journal of the Imaging Society of Japan*, 49 (5), pp. 417-423

Michalak M., Felczak M., Więcek B. (2009) Evaluation of the Thermal Parameters of Textile Materials Using the Thermographic Methods, *Fibres & Textiles In Eastern Europe*, 17 (3), pp. 84-89

Mikuž M., Šostar-Turk S., Pogačar V. (2005) Transfer of Ink-jet Printed Textiles for Home Furnishing into Production with Rotary Screen Printing Method, *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, Vol. 13, No. 6 (54), pp. 79 - 84

Millington, K.R., (2000) Comparison of the effect of the gamma and ultraviolet radiation on wool keratin. *J.Soc.Dyers Colourists*, 116, pp. 266–272.

Miles L. W. C. (2003) *Textile Printing, Revised Second Edition*, Formerly Lecturer in Textile Chemistry, Department of Textiles, University of Manchester, Institute of Science and Technology, Society of Dyers and Colourists, Manchester, UK

Minkina W.: *Thermovision Measurements – Instruments and Methods*, Publishing Office of Częstochowa University of Technology, Częstochowa, 2004. (in Polish)

Minkina W., Dudzik S.: Simulation analysis of uncertainty of infrared camera measurement and processing path", *Measurement* 39 (2006.) 758–763

Mohammadi, M., Banks-Lee, P. and Ghadimi, P. (2003) Determining Effective Thermal Conductivity of Multilayered Nonwoven fabrics, *Textile Research Journal*, 73 (9), pp. 802-808

Mohammadkhodaei Z., Mokhtari J., Nouri M. (2010) Novel anti-bacterial acid dyes derived from naphthalimide: synthesis, characterisation and evaluation of their technical properties on nylon 6, *Coloration Technology*, 126, pp. 81–85

Momin N. H. , Padhye R. , Khatri A. (2011) Influence of Chitosan Posttreatment Parameters on the Fixation of Pigment-Based Inks on Ink-Jet-Printed Cotton Fabrics, *Journal of Applied Polymer Science*, 119, 2495–2501

Momin N. H. (2008) *Chitosan and improved pigment ink jet printing on textiles*, RMIT University

Mongkholrattanasit R., Kryštůfek J., Wiener J. (2009): Dyeing of Wool and Silk by Eucalyptus Leaves Extract, *Journal of Natural Fibers*, 6 (4), pp. 319-330

Mongkholrattanasit R., Kryštůfek J., Wiener J. (2010) Dyeing and fastness properties of natural dye extracted from eucalyptus leaves using padding techniques. *Fibres and Polymers Journal*, 11(3), pp. 346-350.

Mongkholrattanasit R., Kryštůfek J., Wiener J., Studničková J. (2011) Properties of Wool and Cotton Fabrics Dyed with Eucalyptus, Tannin and Flavonoids, *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 19 (2), pp. 90-95.

Morent R., De Geyter N., Verschuren J., De Clerck K., Kiekens P., Leys C. (2008) Non-thermal plasma treatment of textiles, *Surface and Coatings Technology*, 202 (14),

pp. 3427-3449

Moussa A., Dupont D., Steenb D., Zengb X. (2008) Colour change as a result of textile transformations, *Journal compilation a Society of Dyers and Colourists, Coloration Technology*, 124 (4), pp. 234 - 242

Murarova A., Jambrich M., Balagova A. (2004) The influence of textiles material composition of their physiological porperies, *Vlakna a textile*, 11 (1), pp. 3-12

Murarova A., Rusnak A., Murarova Z. (2005) Thermophysiological properties of integrated textile layers designed for an extremely low temperature environment, *Vlakna a textile*, 12 (4), pp. 150-155

Najafi H., Assefipour R., Hajilari M., Movahed H. R. (2009) One bath method dyeing of polyester/cotton blend fabric with sulphatoethylsulphonyl disperse/reactive dyes treatment by chitin biopolymer, *African Journal of Biotechnology*, 8 (6), pp. 1127-1135

Nakpathom M., Somboon B., Narumol N. (2009) Papain Enzymatic Degumming of Thai Bombyx mori Silk Fibers, *Journal of Microscopy Society of Thailand*, 23(1), pp. 142-146

Nasadil P., Benešovský P. (2008) Plasma in Textile Treatment, *Chem. Listy*, 102, pp. 1486 – 1489

Naujokaitytė L., Strazdienė E. (2007) The Effect of Finishing upon Textile Mechanical Properties at Low Loading, *Materials Science*, 13 (3), pp. 249 – 254

Neral B., Šostar Turk S., Schneider R. (2007) Efikasnost mikrovalnog fiksiranja reaktivnog bojila C.I. Reactive Red 24 u digitalnom tisku pamučnih tkanina, *Tekstil* 56 (6), pp. 358-367

Novaković D., Kašiković N., Zeljković Ž., Agić D., Gojo M. (2010) Termovizijska analiza toplinskih utjecaja na promjenu razlike boje na tekstilnim materijalima otišnutim digitalnim tiskom, *Tekstil*, 59 (10), pp. 297 - 306

Novaković D., Kašiković N., Vladić G. (2010) Analiza promena na digitalno štampanom pamučnom materijalu izloženom delovanju toplote, *Tekstilna industrija*, 58 (1), pp. 32 - 37

Novaković D., Kašiković N., Vladić G., Zeljković Ž. (2010) Correlation between thermal loads and color difference digital printing of textile materials, 5th International Symposium on Novelties in Graphics, University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Textiles, May, 2010, Ljubljana, Slovenia, pp. 584 - 590

Novaković D., Kašiković N., Vladić G. (2010) Analiza promena na digitalno štampanom pamučnom materijalu izloženom delovanju toplote, *Tekstilna industrija*, 1, pp. 32-37

Novaković D., Kašiković N., Vladić G. (2010) Integrating Internet application in to the worklow for costumisation of textile products, International Joint Conference on Environment and Light Industry Technologies, Obuda University, Faculty of Light Industry and Environmental Engineering, Budapest, Hungary, pp. 471 – 476

Novaković D., Kašiković N., Vladić G. (2011) Investigation of thermal effects on textile materials printed by digital printing, *Machine design*, 3 (4), pp. 241-246,

Novaković D., Vladić G., Kašiković N. (2010) Personalizacija tekstilnih proizvoda implementacijom savremenih grafičkih tehnologija, II Međunarodni naučno stručni skup "Tendencije razvoja u tekstilnoj industriji Dizajn, Tehnologija, Menadžment" Visoka tekstilna strukovna škola za dizajn, tehnologiju i menadžment 2010, Beograd, Srbija, pp.126-130

Novaković D., Pavlović Ž., Kašiković N. (2011) Tehnike štampe - praktikum za vežbe, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

Nuša Kočevar T. (2006) Kolorimetrijska analiza i vizuelna ocjena boja na dvobojuj tkanini, *Tekstil*, 55 (3), pp. 127 - 134

Oprea S. (2007) The effect of polyhydroxyurethane on dyeing of cellulosic fabrics with direct and reactive dyes, *Coloration Technology*, 123, 329–332

Park H., Wallace W C., Hyunyoung O., Soomin P. (2006) Image Quality of Inkjet Printing on Polyester Fabrics, *Textile Research Journal*, 76 (9), pp. 720 - 728

Park H., Wallace W C., Pfromm P. H. (2004) Toners for Xerographic Textile Printing Produced by Means of Thermally Induce, *Textile Research Journal*, 74, (9), pp. 797 - 809

Pemberton R.M., Pittson R., Biddle N., Harta J.P. (2009) Fabrication of micro-band glucose biosensors using a screen-printing water-based carbon ink and their application in serum analysis, *Biosensors and Bioelectronics*, 24, pp 1246–1252

Phair J. W, Lundberg M., Kaiser A. (2009) Leveling and thixotropic characteristics of concentrated zirconia inks for screen-printing, *Rheol Acta*, 48, pp. 121–133

Piao J., Suna K., Zhang N., Xub S. (2008) A study of process parameters of LSM and LSM–YSZ composite cathode films prepared by screen-printing, *Journal of Power Sources*, 175, pp. 288–295

Provost J., Ink Jet Printing on Textiles, (available at: [http:// users.ecs.soton.ac.uk/rnt/microflex/](http://users.ecs.soton.ac.uk/rnt/microflex/), last accessed 15 April 2008).

Pui-Shan C. (2006) Development of an optimum printing system for digital ink-jet printing, Institute of textile & clothing, The Hong Kong Polytechnic university

Qian H. F., Song X. Y. (2009) Structure–property relationships for azo disperse dyes on polyurethane fibre, *Coloration Technology*, 125, 146–150

Rehbein M. (2009) Digital Textile Printing and the Influence on Design, Druck und Bindung, Books on Demand GmbH, Norderstedt, Germany

Riva A., Alsina J. M., Prieto R. (1999) Enzymes as auxiliary agents in wool dyeing, *Coloration Technology*, 115 (4), pp. 125–129

Robson D., Ekarius C. (2011) The Fleece and Fiber Sourcebook: More Than 200 Fibers, from Animal to Spun Yarn, Storey Publishing, North Adams, USA

Rogalski A.: Infrared Detectors, Gordon and Breach Science Publishers, Amsterdam 2000.

Ryu, B.H.; Choi, Y.; Park, H.S.; Byun, J.H.; Kong, K.; Lee, J.O.; Chang, H. (2005) Synthesis of highly concentrated silver nanosol and its application to inkjet printing, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 270-271, pp. 345-351

SAE J1767. Instrumental Color Difference Measurements for Colorfastness of Automotive Interior Trim Materials. Warrendale, PA: SAE International; 1995.

Sánchez P. , Sánchez-Fernandez M. V., Romero A., Rodríguez J. F., Sánchez-Silva L. (2010) Development of thermo-regulating textiles using paraffin wax microcapsules, *Thermochimica Acta*, 498, pp.16–21

Savvas, G., Vassiliadis, C., Provatidis, G. (2004) Structural characterization of textile fabrics using surface roughness data, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 16 (5), pp. 445 - 457

SRPS F.S3.311:1983 - Tekstil - Ispitivanje postojanosti boje pri peglanju

Sil'd Yu. A., Ivanova M. A., Nikonenko V. A (2004) Thermophysical measurements development of a system of metrological supervision of thermovision measuring devices, *Measurement Techniques*, 47 (4), pp. 389-392

Schubel P.J., Warrior N.A., Rudd C.D. (2006) Surface Roughness Modelling of Textile Composites using Texgen, 8th International Conference on Textile Composites (TEXCOMP-8), The University of Nottingham, 2006, Nottingham, UK, pp. T10-1 - T10-6

Shan Y., Liang Y., Cao B., Huai Z., Mingxiang C., Sheng L. (2011) Development process of phosphor coating with screen printing for white LED packaging, *Electronic Packaging Technology & High Density Packaging (ICEPT-HDP)*, 11th International Conference on, Date:8-11 Aug. 2011, Shanghai, China, pp. 1 -5

Shams Nateri A., Ekrami E. (2008) Application of Zero-Crossing Technique in Derivatives of the Kubelka--Munk Function to the Quantitative Analysis of Bicomponent Mixtures of Dyes, *Textile Research Journal*, 78(12), pp. 1139–1147

Shams Nateri A., Ekrami E. (2008) Determination of bicomponent dye solutions by means of zero-crossing-point derivative spectrophotometry, *COLOR research and application*, 33, pp. 307–311

Shams Nateri A., Ekrami E. (2010) Dye Binary Mixture Formulation by Means of Derivative Ratio Spectra of the Kubelka–Munk Function, *COLOR research and application*, 35 (3), pp. 193 - 198

Shen S., Berns R. S. (2011) Color-Difference Formula Performance for Several Datasets of Small Color Differences Based on Visual Uncertainty, *COLOR research and application*, 36 (1), pp. 15 - 26

Sehested, K. (1970)The Fricke Dosimeter. In:Holm, N.W., Berry,R.J. (Eds.), *Manual on Radiation Dosimetry*. Marcel Dekker, New York, pp.313.

Solina E. V., Safonov V. V., Ivanov V. B. (2011) Optimization of oligourethane methacrylate based UV paints composition for printing on cotton fabrics, *Textile Research Journal*, 81(1), pp. 67 - 80

Storey J., (1992) *Manual of textile printing*, Thames & Hudson, London, UK

Taşdemirab M. , Akalina M., Koçaka D., Usta İ., Merdanc N. (2010) Investigation of Properties of Polymer/Textile Fiber Composites, *International Journal of Polymeric Materials*, 59 (3), pp. 200-214

Tomsic B., Simoncic B., Orel B. Cerne L., Forte Tavcer P., Zorko M., Jerman I., Vilcnik A., Kovac J. (2008) Sol-gel coating of cellulose fibres with antimicrobial and repellent properties, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 47, pp. 44-57

Varesano A., Tonin C. (2008) Improving Electrical Performances of Wool Textiles: Synthesis of Conducting Polypyrrole on the Fiber Surface, *Textile Research Journal*, 78 (12), pp. 1110-1115

Vassiliadis S. G., Provatidis C. G. (2004) Structural characterization of textile fabrics using surface roughness data, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 16 (5), pp. 445-457

Vilcnik A., Jerman I., Surca Vuk A., Kozelj M., Orel B.,Tomsic B., Simoncic B., Kovac J. (2009) Structural Properties and Antibacterial Effects of Hydrophobic and Oleophobic Sol-Gel Coatings for Cotton Fabrics, *Langmuir*, 25(10), pp. 5869-5880

Vizárová K., Reháková M., Kirschnerová S., Peller A., Simonb P., Mikulásik R., (2011) Stability studies of materials applied in the restoration of a baroque oil painting, *Journal of Cultural Heritage*, 12, pp. 190-195

Ujiie H. (2006) Digital printing of textiles, Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute.

Ujiie H., Bhat K., Bock C., Howard N. J. (2006), Universal Set of Dyes for Digital Inkjet Textile Printing, National Textile Center Annual Report: November 2006.

Wallace W. C., Bucknall D., Morris J. F. (2006), Inkjet Deposition of Complex Mixtures to Textiles, National Textile Center Research Briefs, NTC Project: C05-GT07

Wallace W. C., Bucknall D., Morris J. F. (2008) Inkjet Deposition of Complex Mixtures to Textiles, National Textile Center Research Briefs, NTC Project: C05-GT07, June 2008.

Wang G. (2009) The Exploitation and the Development Perspectives of New Environmental Foliage Fiber, *Journal of Sustainable Development*, 2 (2), pp. 187 - 191

Was-Gubala J. (2009) The kinetics of colour change in textiles and fibres treated with detergent solutions: Part I—Colour perception and fluorescence microscopy analysis, *Science and Justice*, 49, pp. 165-169

Wei Q. F., Gao W. D., Hou D. Y., Wang X. Q. (2005) Surface modification of polymer nanofibers by plasma treatment', *Applied Surface Science*, 245, pp. 16-20.

Wei Q. F., Wang X. Q. (2003) Dynamic Characterisation of Industrial Textiles Using an Environmental Scanning Electron Microscope, *Journal of Industrial Textiles*; 33 (3), pp. 101 - 110

Weng B., Shepherd R. L.,Crowley K., Killardb A. J., Wallace G. G. (2010) Printing conducting polymers, *Analyst*, 135 (11), pp. 2779-2789

Williams S (2006). Practical Color Management. *Optics & Laser Technol.*, 38, pp 399-404.

Winter M. R., DiAntonio C. B., Yang P., Rodriguez M. A., Michael J. R., Chavez T. P., McKenzie B. B. (2010) Screen Printing to Achieve Highly Textured $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$, *Journal of the American Ceramic Society*, 93 (7), pp. 1922–1926

Yang L. (2003) A study in ink-jet color reproduction, Dissertations No. 806, Linköping Studies in Science and Technology, Norrköping, Sweden

Yang L. (2003) Characterization of inks and ink application for ink-jet printing: model and simulation, *Journal of the Optical Society of America*, 20 (7), pp. 1149 - 1154

Yang L., Kruse B. (2001) Chromatic Variation and Color Gamut Reduction due to Ink Penetration, Presented on: TAGA Conference, May 2001, San Deigo, USA

Yang L., Kruse B. (2004) Evaluation of the Effects of Ink Penetration in Ink Jet Printing: Experiments and Simulation, *Journal of imaging science and technology*, 48 (3), pp. 260 - 264

Yang L., Kruse B. (2000) Ink penetration and its effects on printing, Presented on SPIE'00, Jan. 2000, San Jose, USA

Yang L., Gooran S., Kruse B. Yule-Nielsen (2000) Effect and Ink-penetration in Multi-chromatic Tone Reproduction, Presented on IS&Ts NIP16: Intern. Conf. on Digital Printing. Tech.

Yang Y., Naaranib V. (2004) Effect of steaming conditions on colour and consistency of ink-jet printed cotton using reactive dyes, *Coloration Technology*, 120 (3), pp. 127-131

Yang Y., Li S. (2004) Cotton fabric inkjet printing with acid dyes, *Textile Research Journal*, 73 (9), pp. 809 - 814

Yaman N. , Ozdogan E., Seventekin N., Ayhan H. (2009) Plasma treatment of polypropylene fabric for improved dyeability with soluble textile dyestuff, *Applied Surface Science*, 255, pp. 6764–6770

Yongqing I. (2009) Digital Textile Inkjet Printing, *Screen Printing*, 8

Yuen C. W. M., Kan C. W. (2007) A study of the properties of ink-jet printed cotton fabric following low-temperature plasma treatment, *Coloration Technology*, 123 (2), pp. 96–100

Yuen, C. W. M., Ku, S. K. A., Kan, C. W. Choi, P. S. R. (2007), Enhancing textile ink-jet printing with chitosan. *Coloration Technology*, 123: 267–270. doi: 10.1111/j.1478-4408.2007.00094.x

Yuqian Z., Vien C., Stephen W., Katherine, B. (2009) Colour management of a low-cost fourcolour ink-jet printing system on textiles, *Coloration Technology*, 2009, 125 (1), pp. 29–35

Xiang W., Cai Z. S. (2008) Dye Behavior of Cationically Treated Silk, *Journal of Applied Polymer Science*, 108, pp. 1005–1012

Xie K., Hou A. (2008) Synthesis, Properties, and Application of Cationic Reactive Disperse Dyes Containing Quaternary Group, *Journal of Dispersion Science and Technology*, 29 (3), pp. 436-439

Xie K., Wang Y., Xu L. (2010) Modification of cellulose with reactive polyhedral oligomeric silsesquioxane and nano-crosslinking effect on color properties of dyed cellulose materials, *Carbohydrate Polymers*, 80, pp. 480–484

Xin B., Hu J., Baciú G. (2010) Visualization of Textile Surface Roughness Based on Silhouette Image Analysis, *Textile Research Journal*, 80 (2), pp. 166–176

Xu H., Yaguchi H., Shiori S. (2001) Testing CIELAB-Based Color-Difference Formulae Using Large Color Differences, *Optical Review*, 8 (6), pp. 487-494

Xu, T. Xu, T. Gregory, C., Molnar, P., Cui, C., Jalota, S., Bhaduri, S. B., Boland, T. (2006) Viability and Electrophysiology of Neural Cell Structures generated by the Inkjet Printing Method, *Biomaterials*, 27(19), pp. 3580-3588.

Xu H., Yaguchi H., Shiori S.: Testing CIELAB-Based Color-Difference Formulae Using Large Color Differences, *Optical Review* 8 (2001.) 6, 487-494

Xue C. H., Shi M. M., Chen H. Z., Wu G., Wang M., (2006) Preparation and Application of Nanoscale Microemulsion as Binder for Fabric Inkjet Printing, *Colloids Surf A Physicochem Eng Aspects*, 287 (1-3), 147.

Zarkogianni M., Mikropoulou E., Varellob E., Tsatsaroni E. (2010) Colour and fastness of natural dyes: revival of traditional dyeing techniques, *Coloration Technology*, 127, 18–27

Zhang C, Fang K. (2009) Surface modification of polyester fabrics for inkjet printing with atmospheric-pressure air/Ar plasma, *Surface and Coatings Technology*, 203 (14), pp. 2058-2063.

Zhang C. M., Fang K. J. (2011) Influence of penetration depth of atmospheric pressure plasma processing into multiple layers of polyester fabrics on inkjet printing, *Surface Engineering*, 27 (2), pp. 139 - 144

11.0. PRILOZI

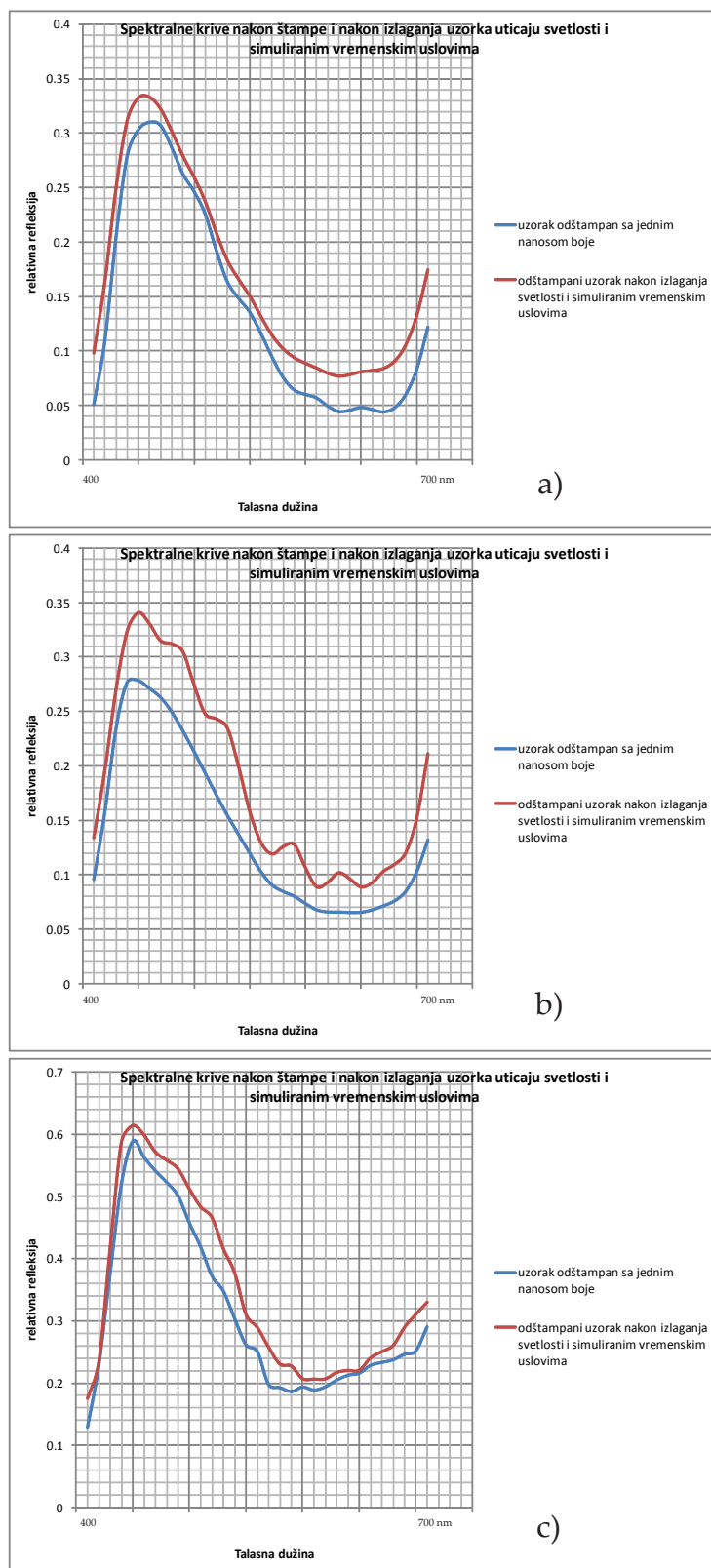
P 1. CD sa radom

P 2. Prilog - Spektrofotometrijske krive uzoraka

P 3. Prilog - Mikroskopski snimci uzoraka

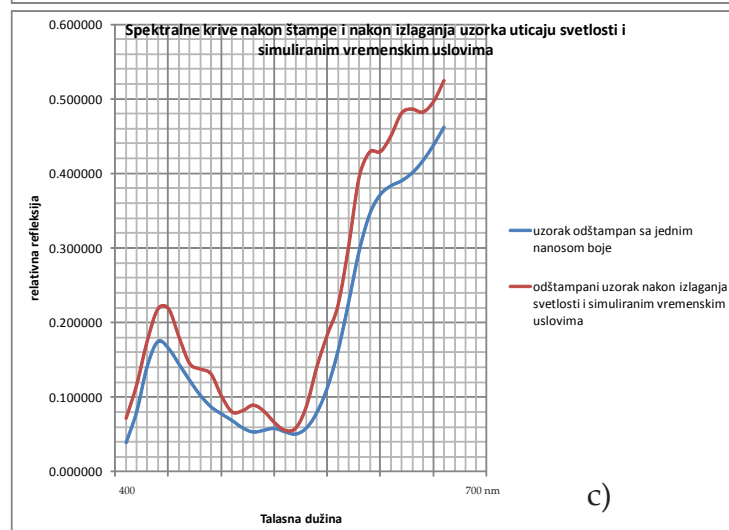
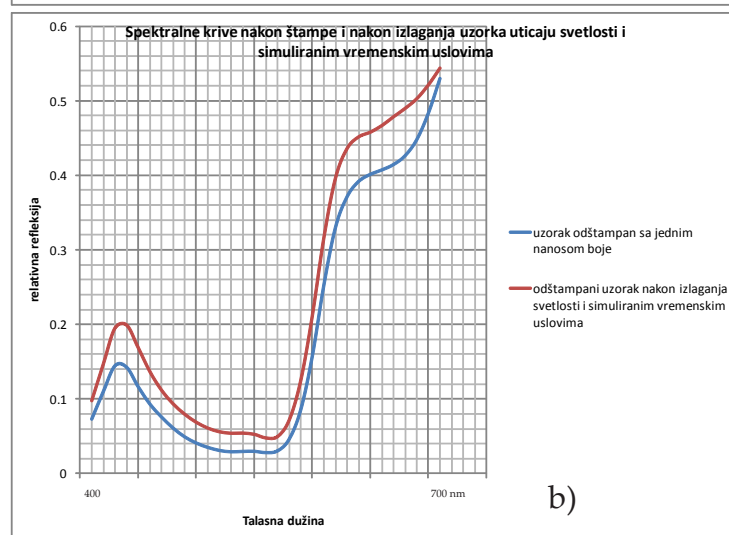
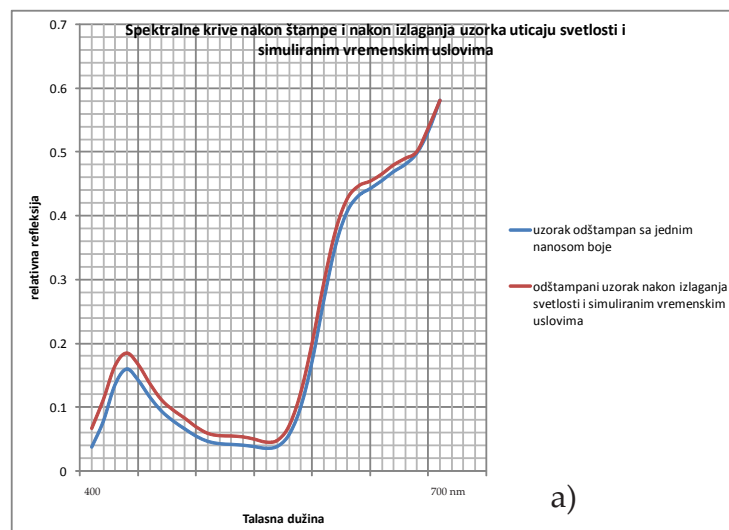
**P 2. PRILOG -
SPEKTROFOTOMETRIJSKE
KRIVE UZORAKA**

P 2. 1. Određivanje spektralnih krivih za uzorke nakon izlaganja svetlosti

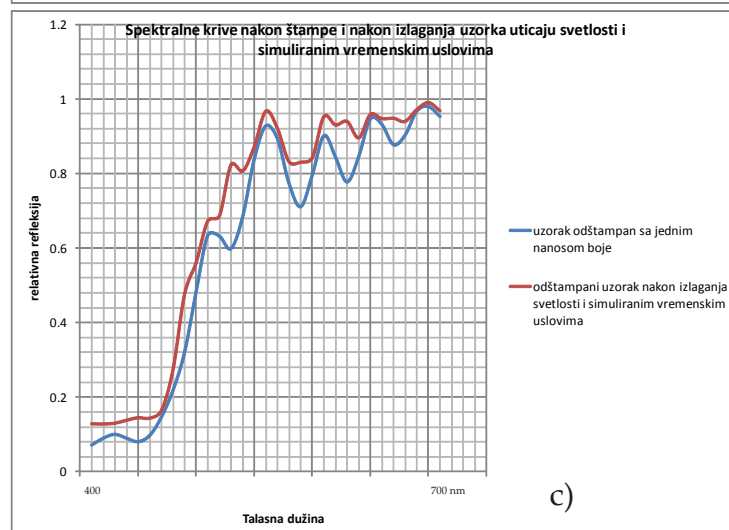
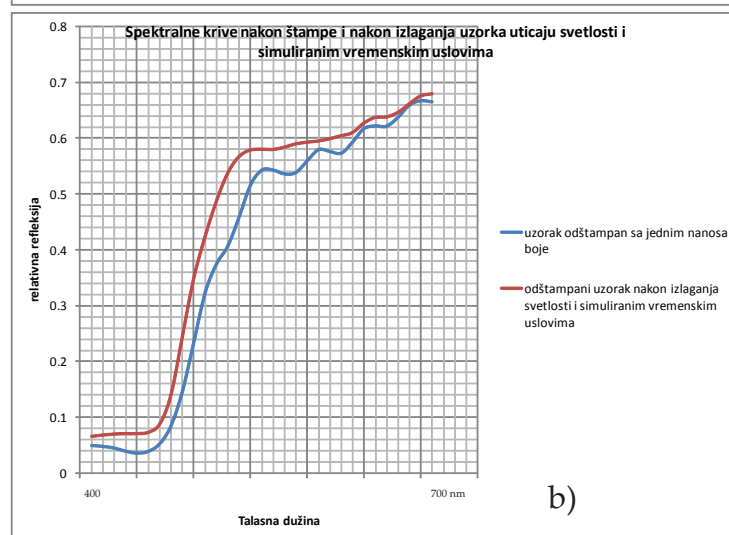
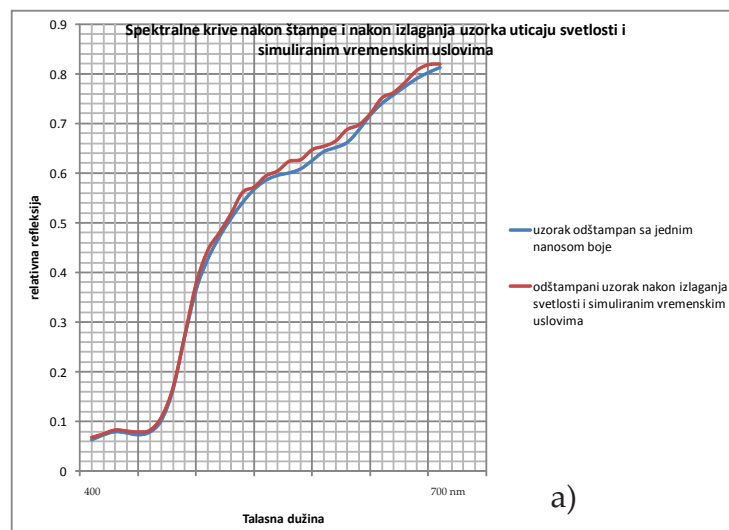


Slika P 2.1.1. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom (jedan nanos), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima:

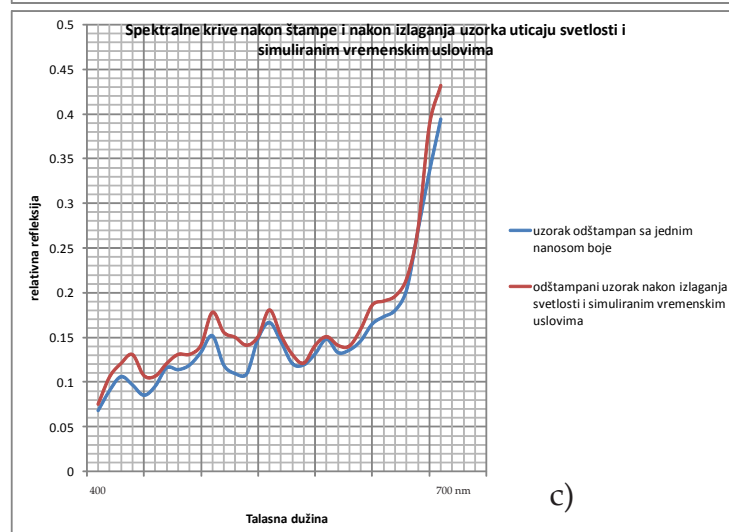
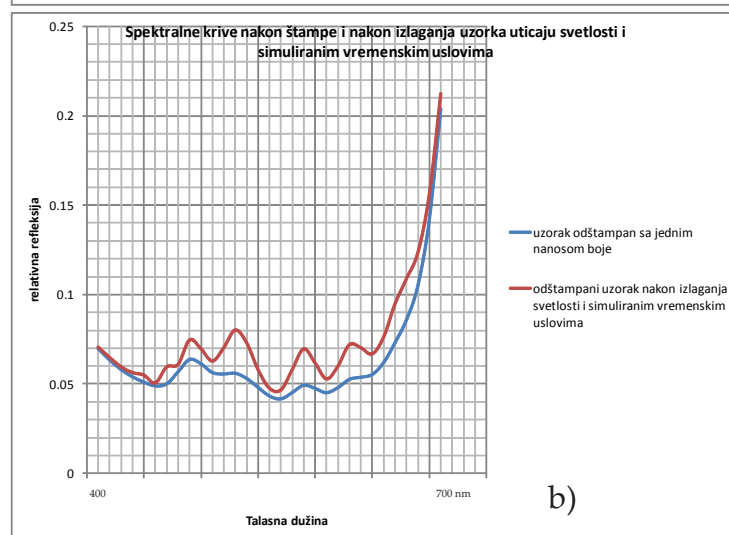
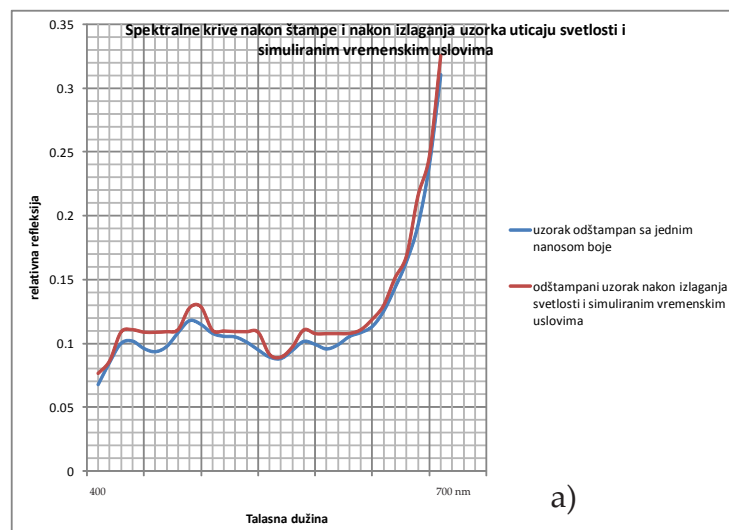
a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



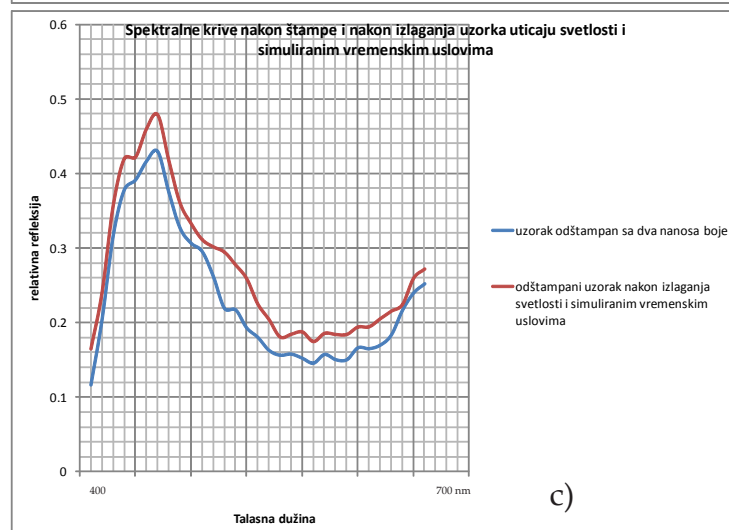
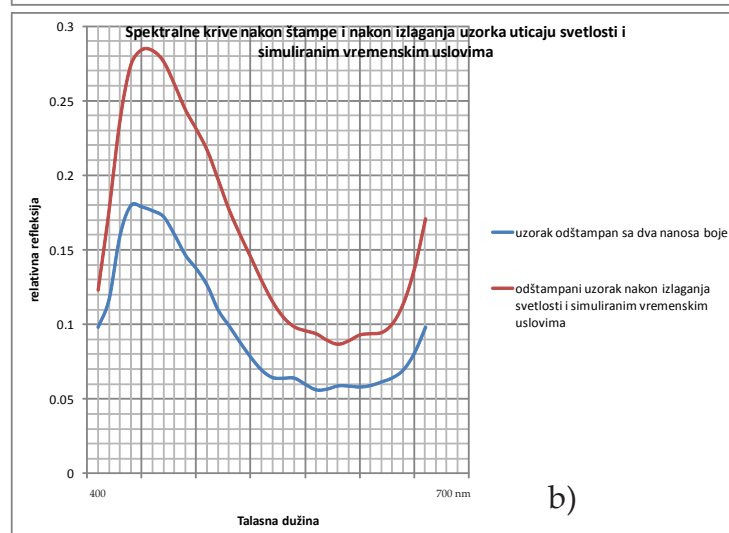
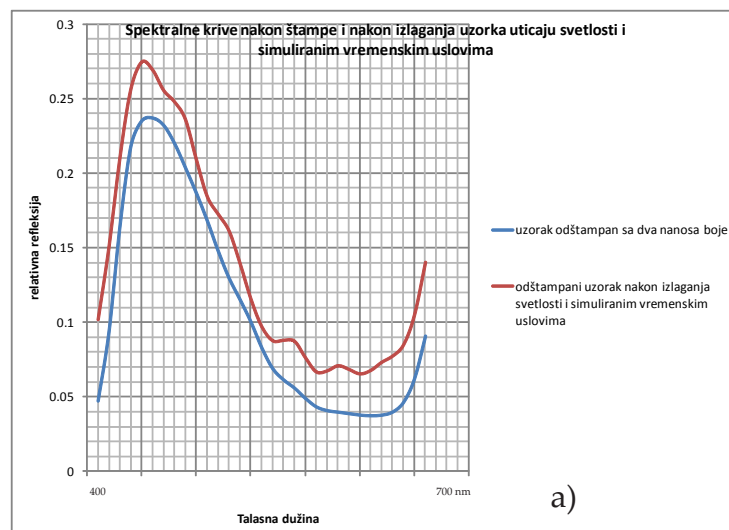
Slika P 2.1.2. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom (jedan nanos), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima:
a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



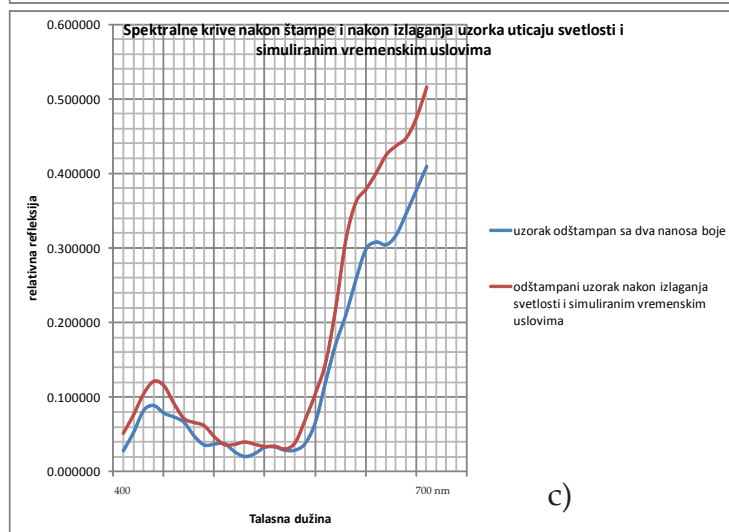
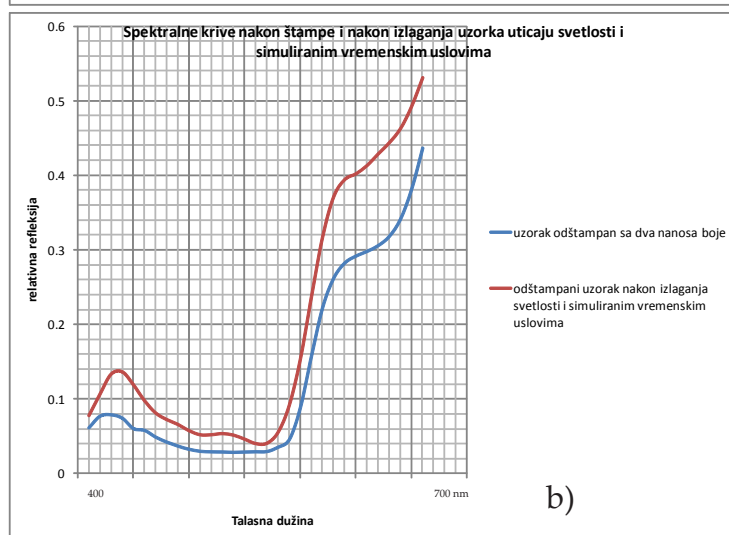
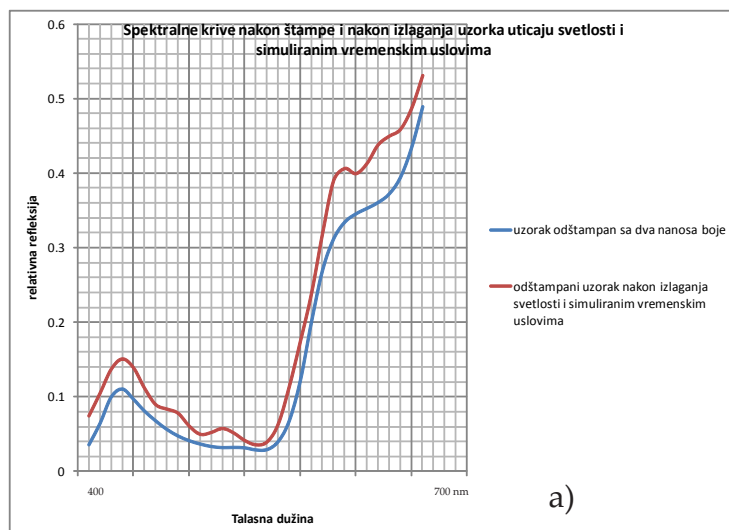
*Slika P 2.1.3. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom (jedan nanos), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima:
a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3*



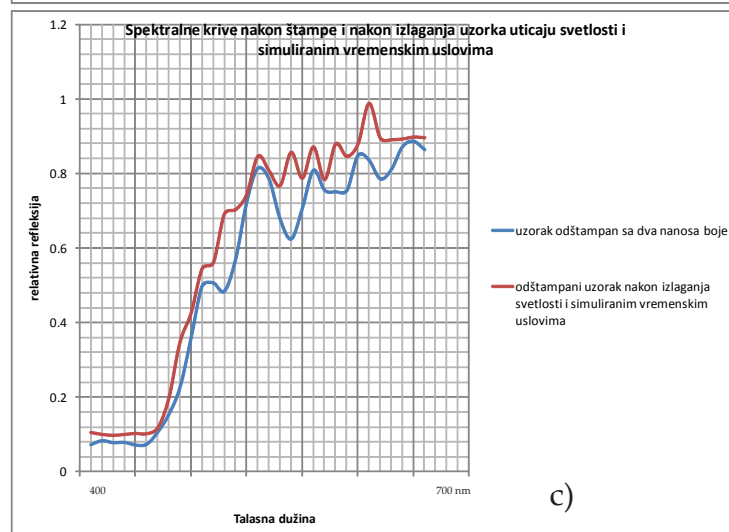
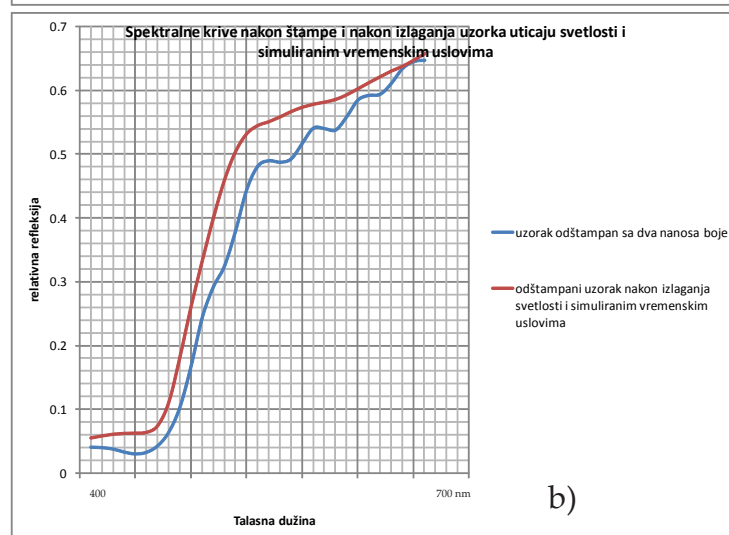
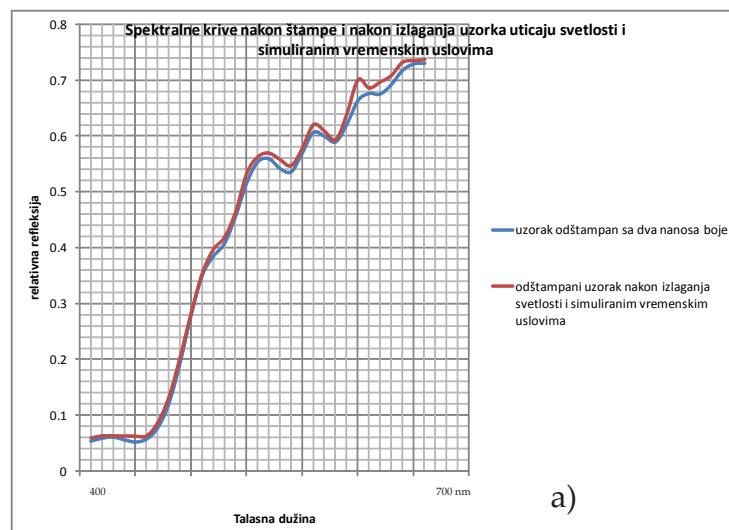
Slika P 2.1.4. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom (jedan nanos), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima:
a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



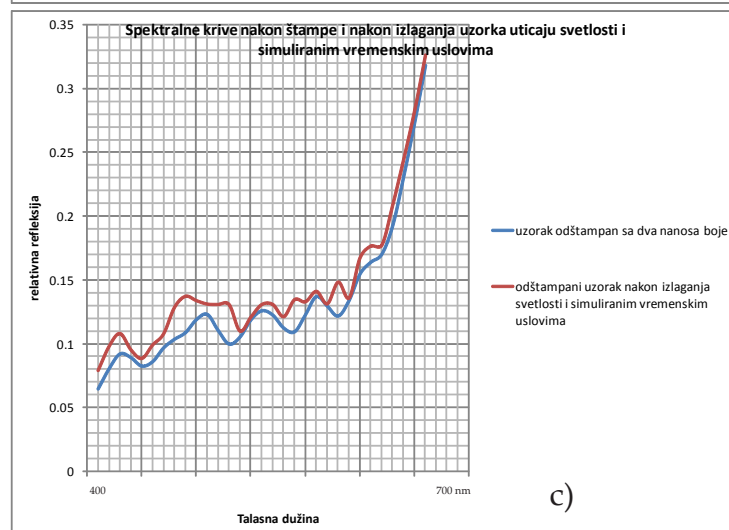
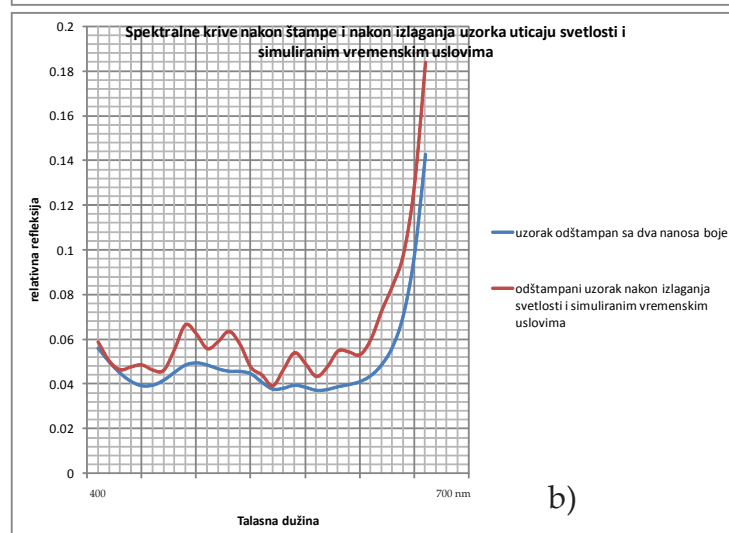
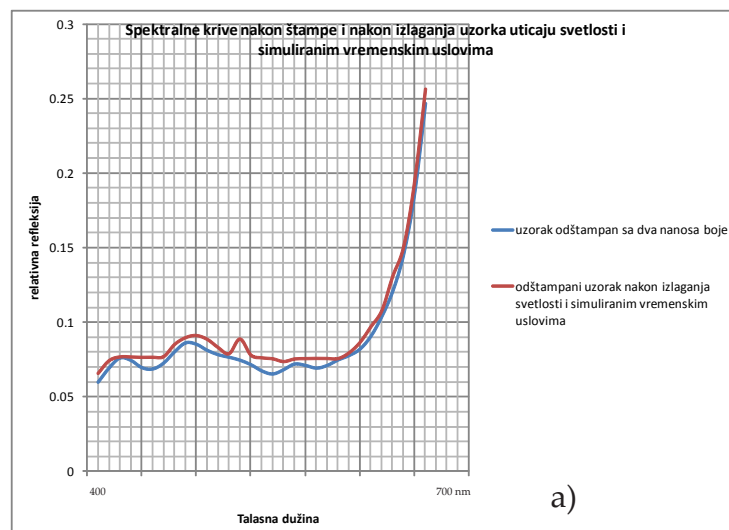
Slika P 2.1.5. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom (dva nanosa), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



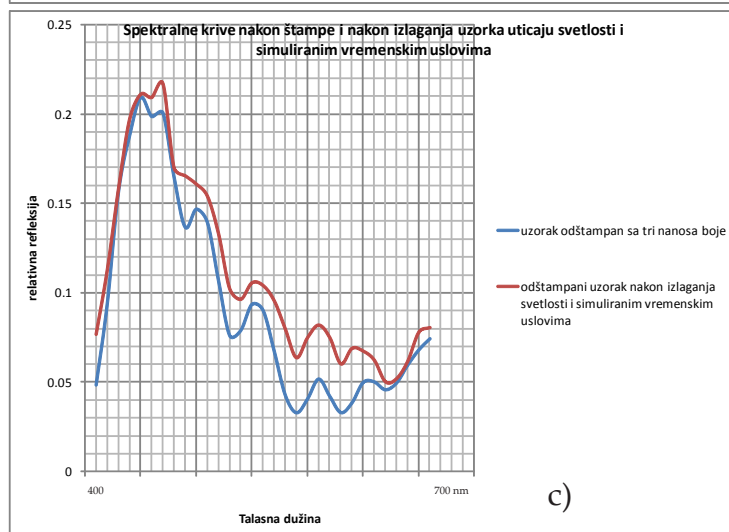
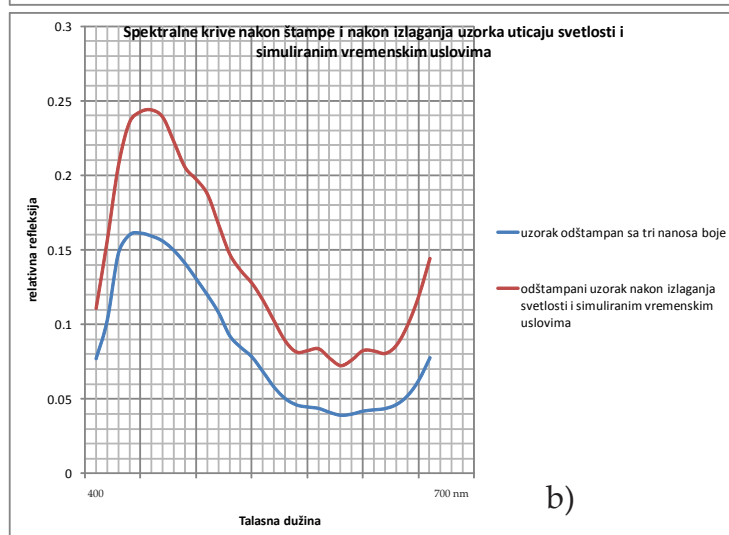
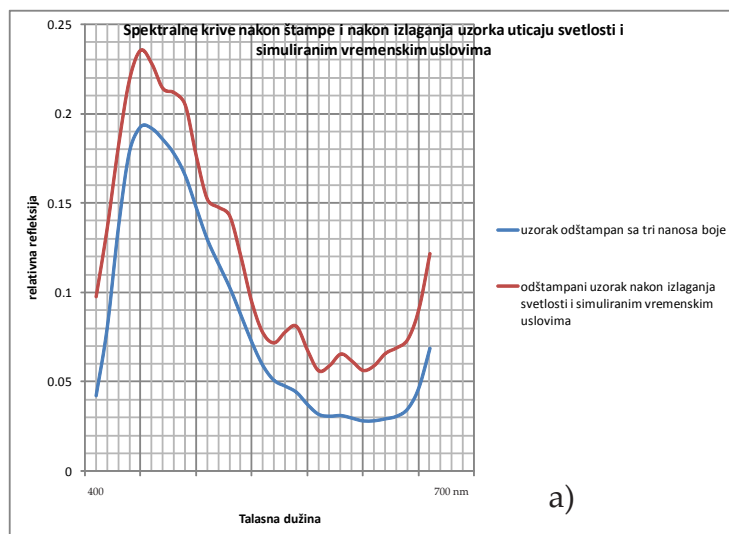
Slika P 2.1.6. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom (dva nanosa), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



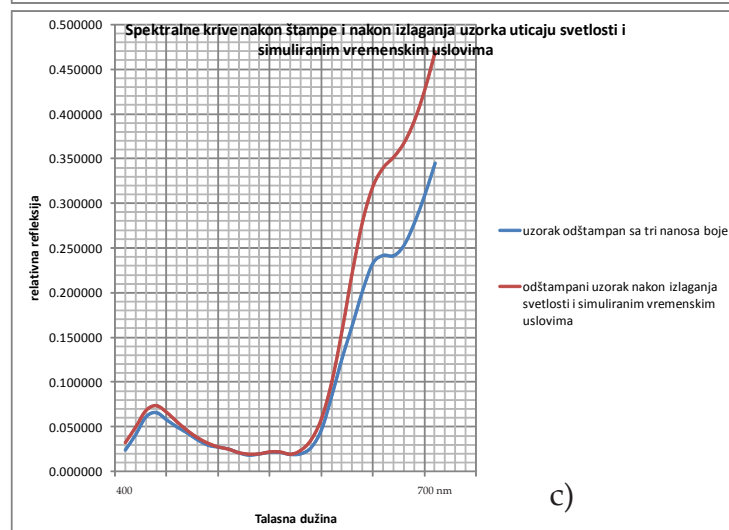
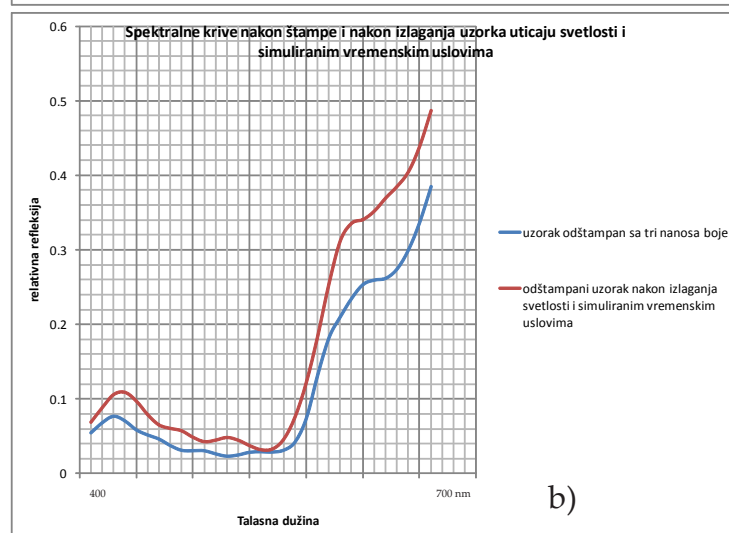
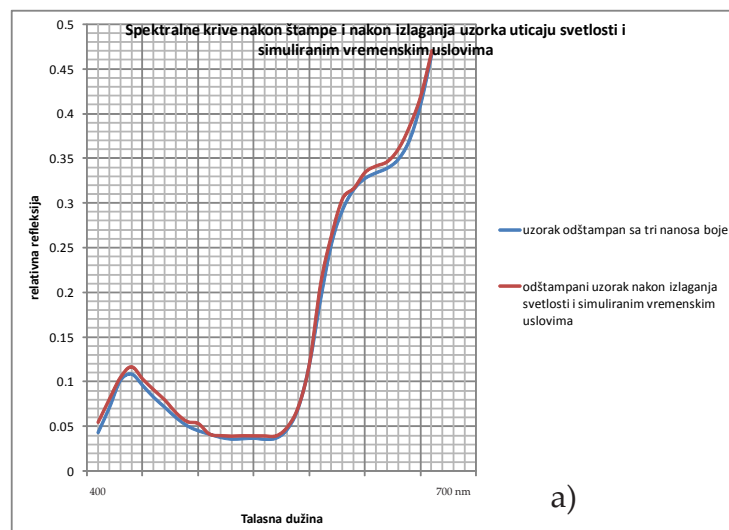
Slika P 2.1.7. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom (dva nanosa), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



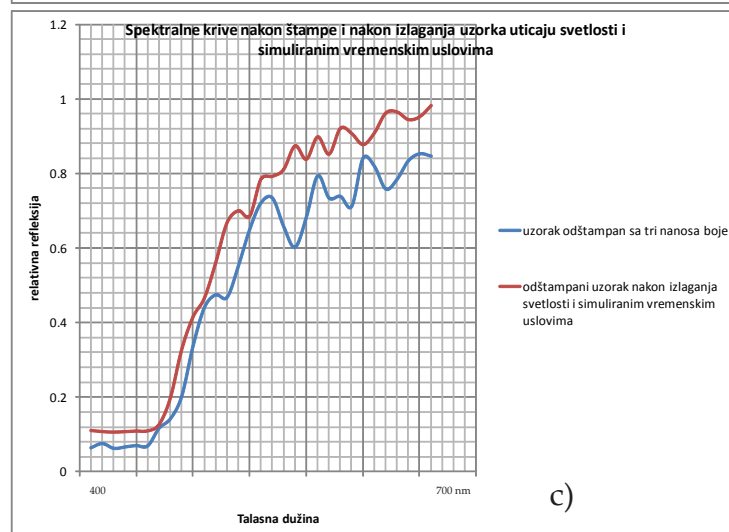
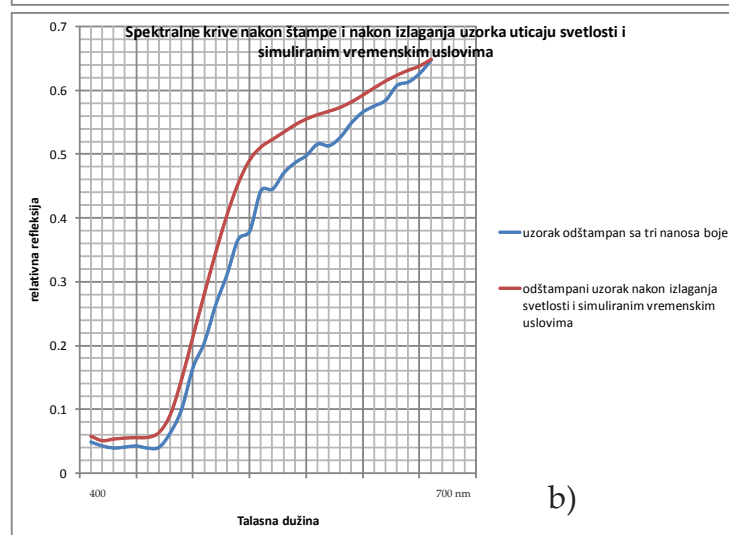
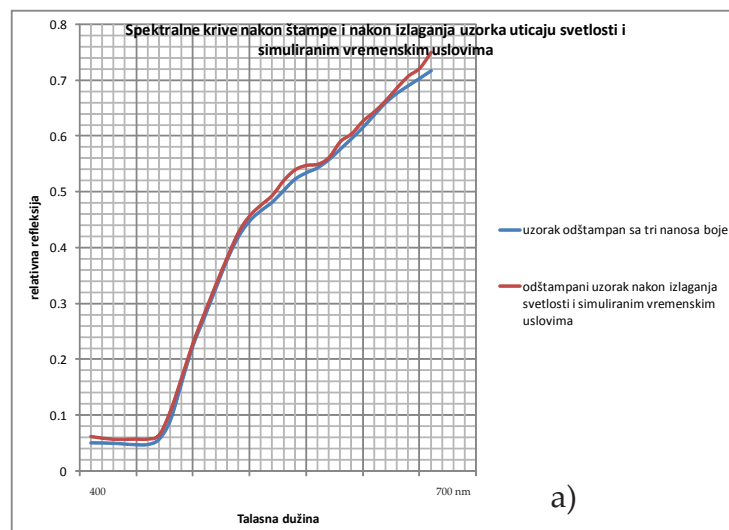
Slika P 2.1.8. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom (dva nanosa), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



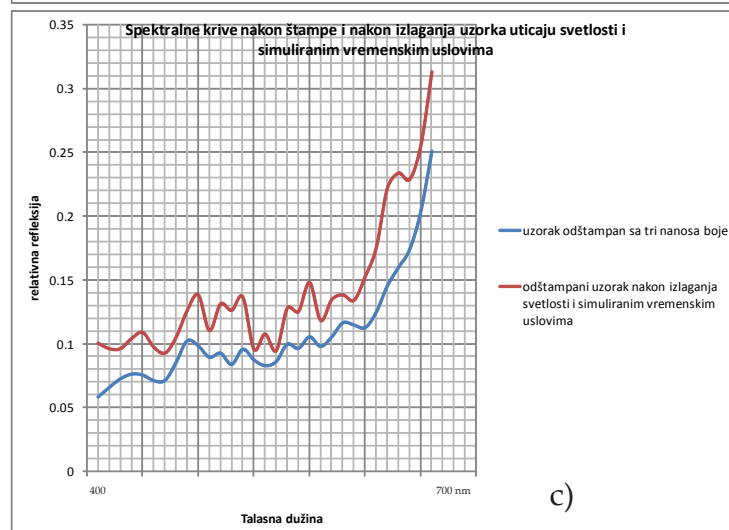
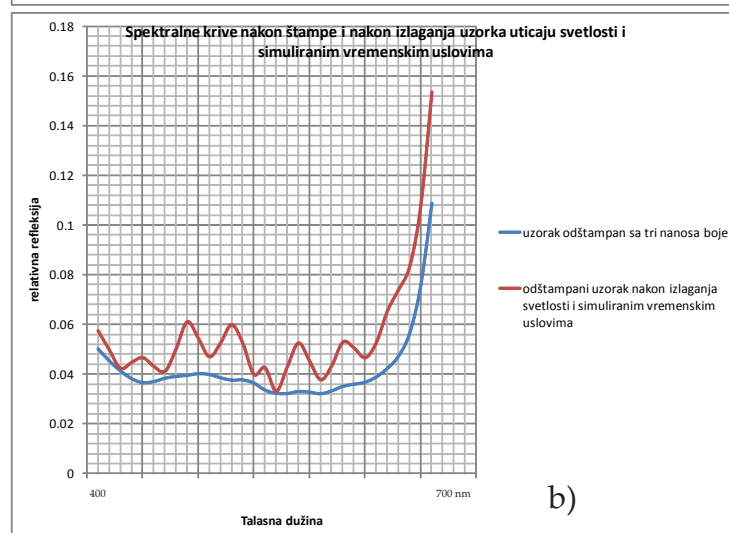
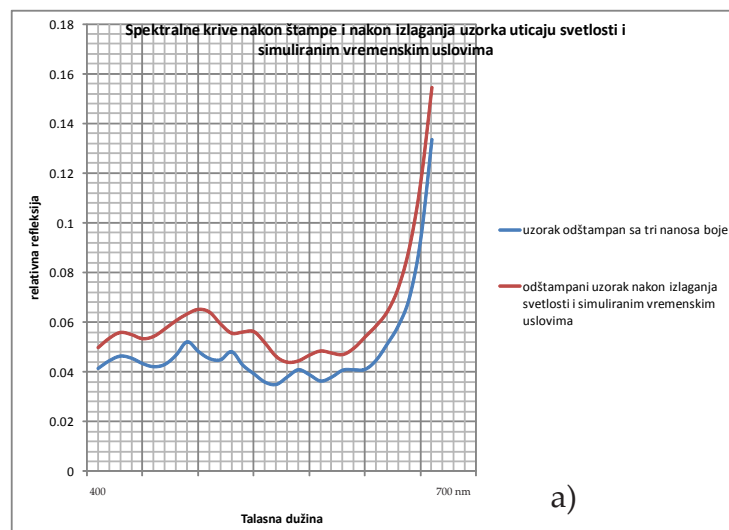
Slika P 2.1.9. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom (tri nanosa), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



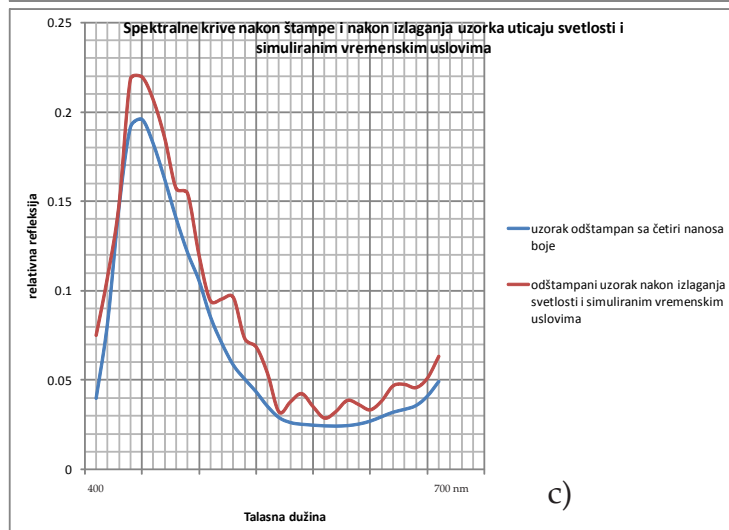
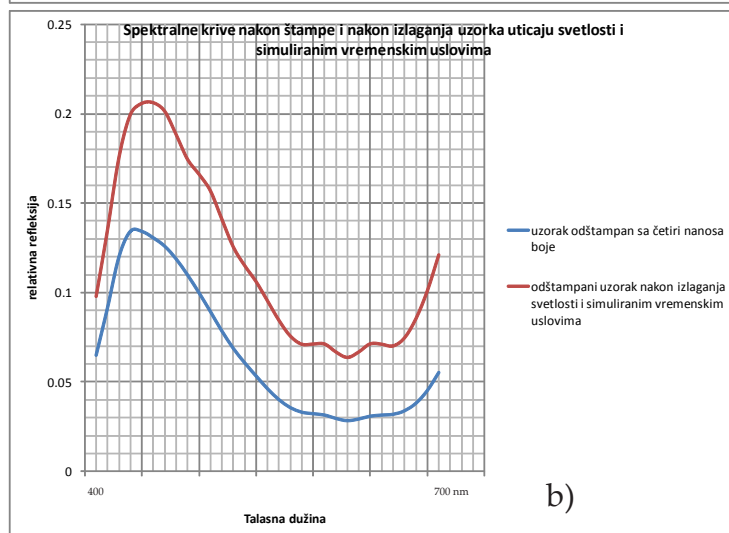
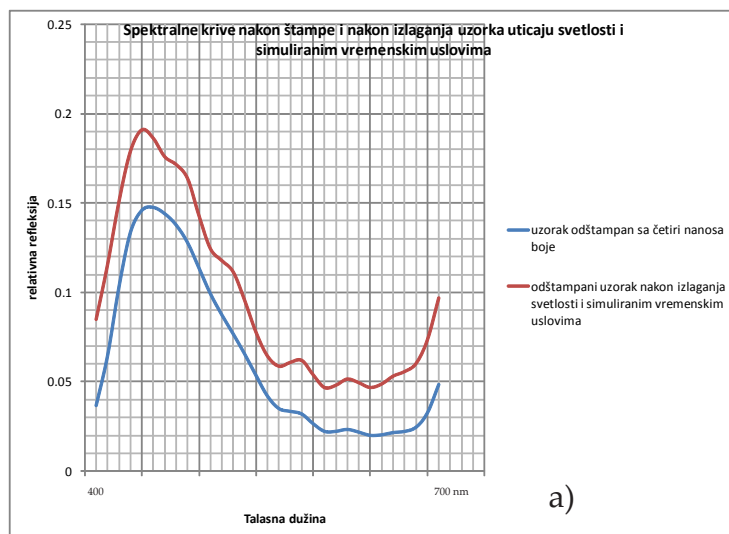
Slika P 2.1.10. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom (tri nanosa), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



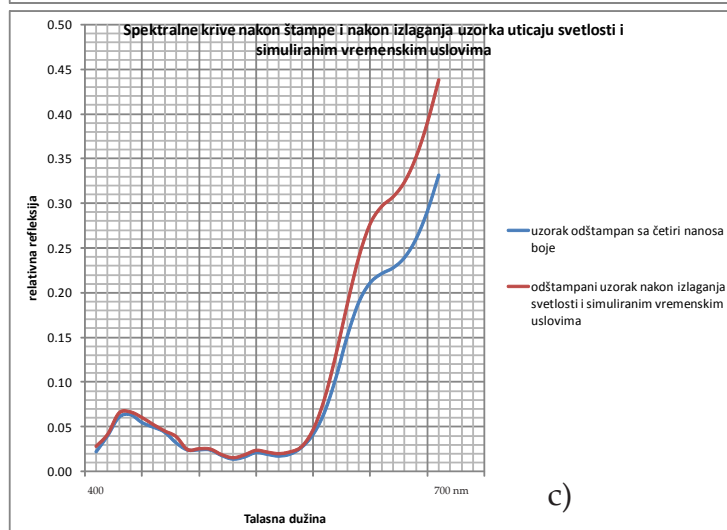
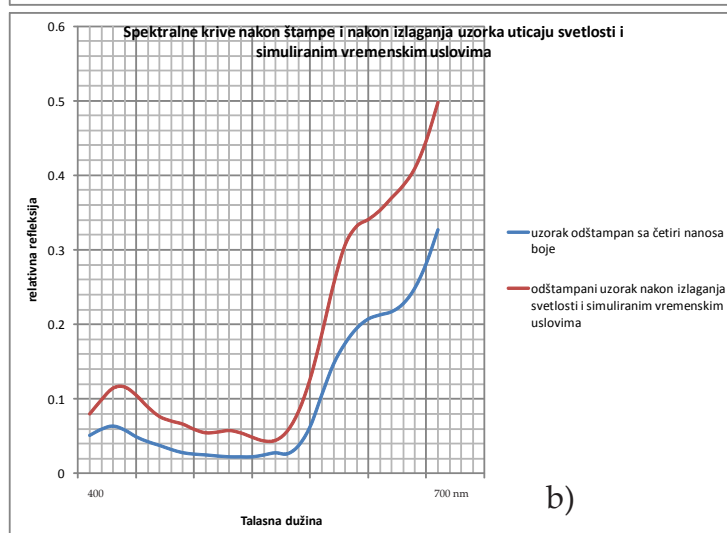
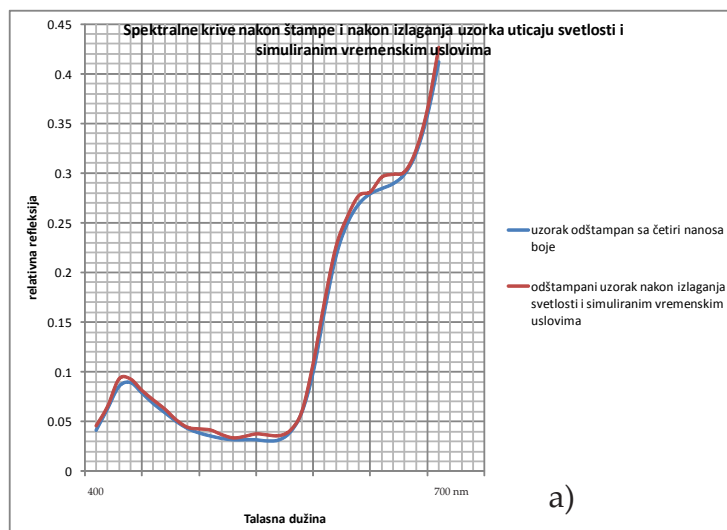
Slika P 2.1.11. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom (tri nanosa), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



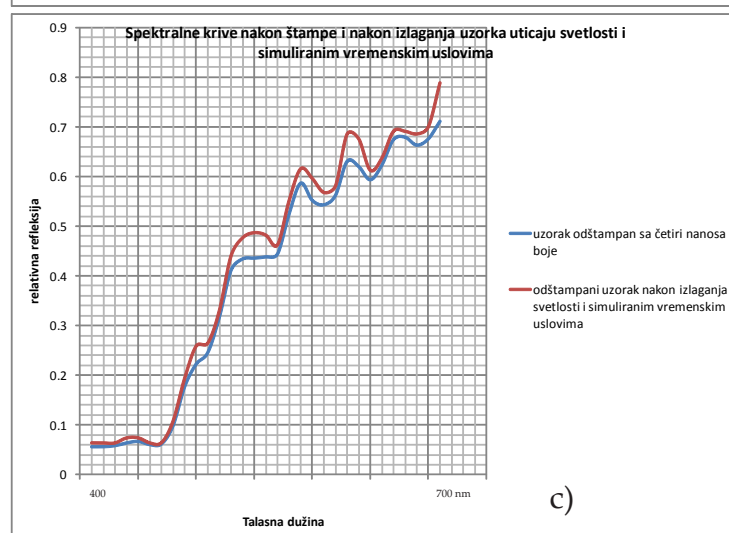
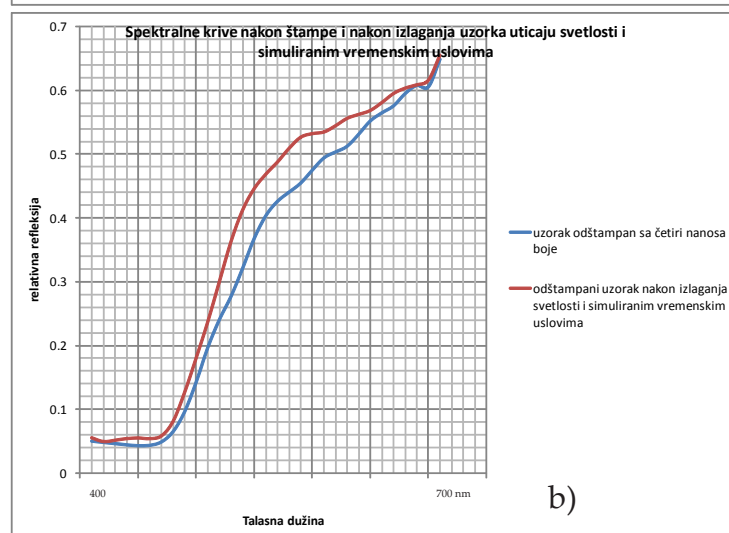
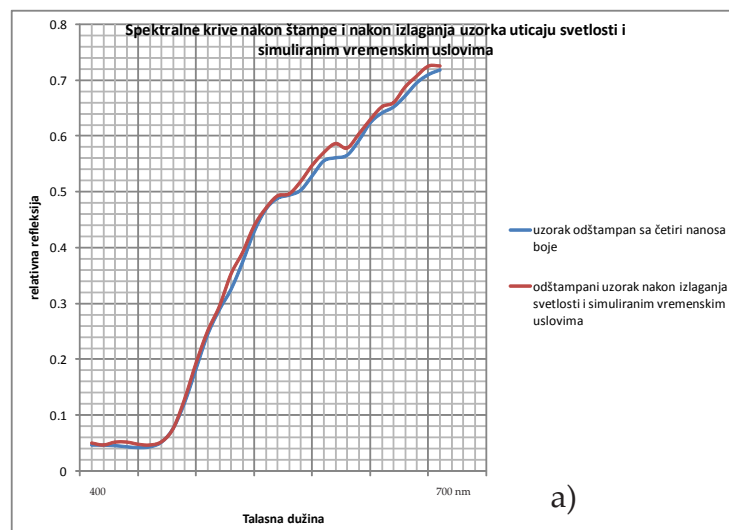
Slika P 2.1.12. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom (tri nanosa), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



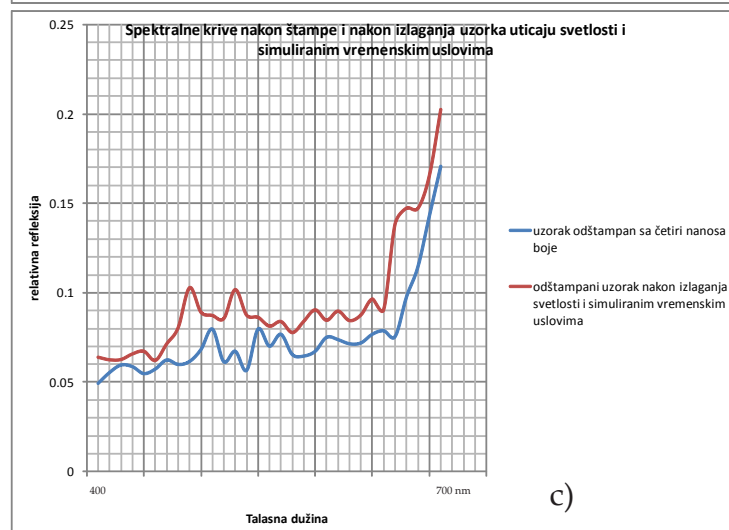
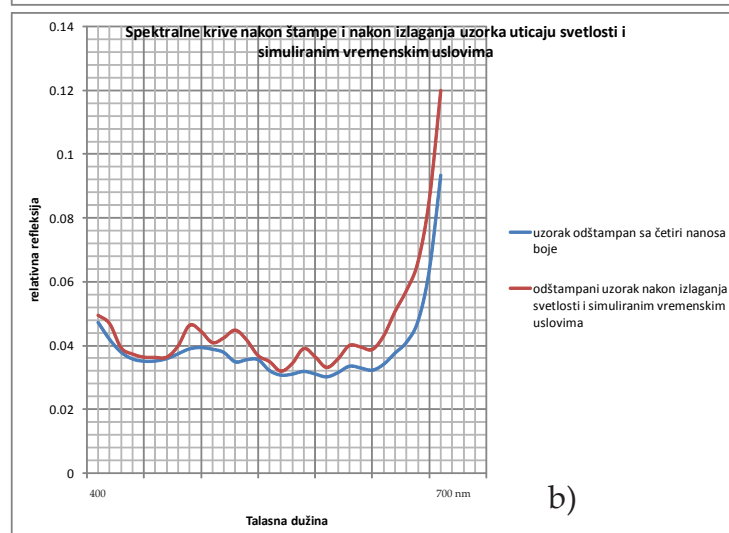
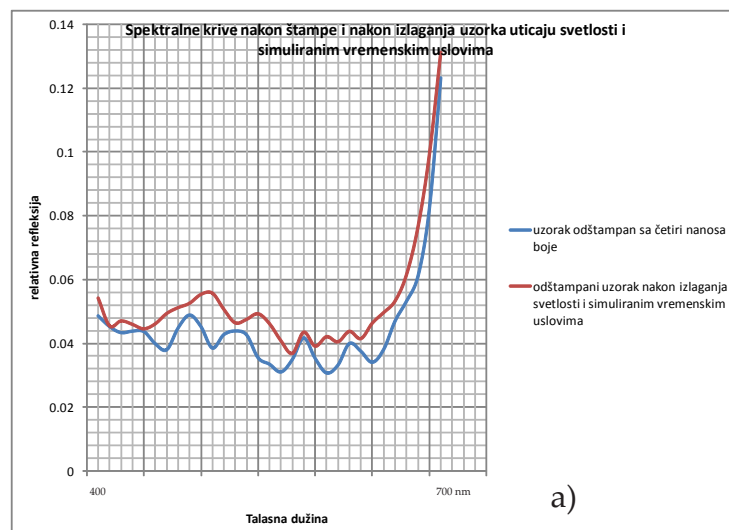
Slika P 2.1.13. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom (četiri nanosa), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



Slika P 2.1.14. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom (četiri nanosa), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

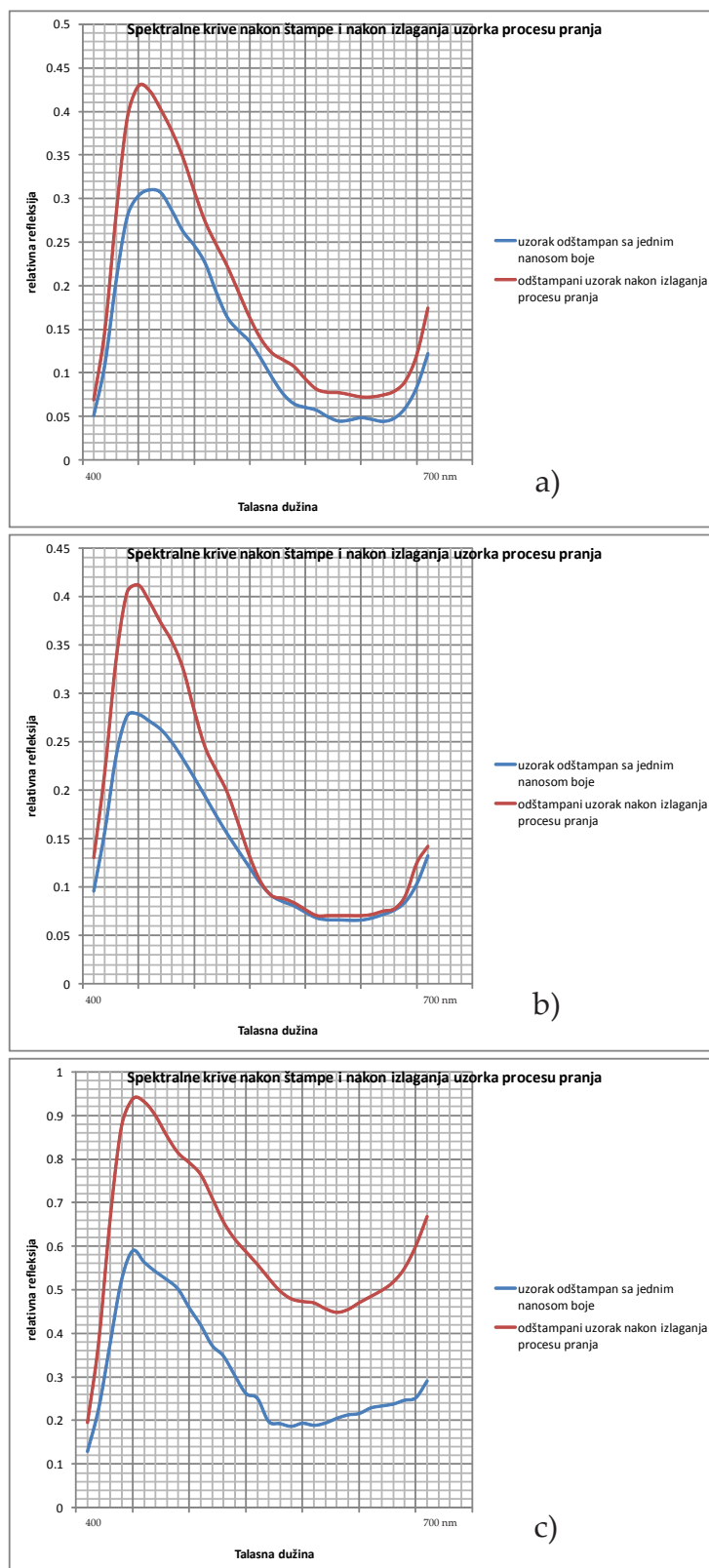


Slika P 2.1.15. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom (četiri nanosa), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

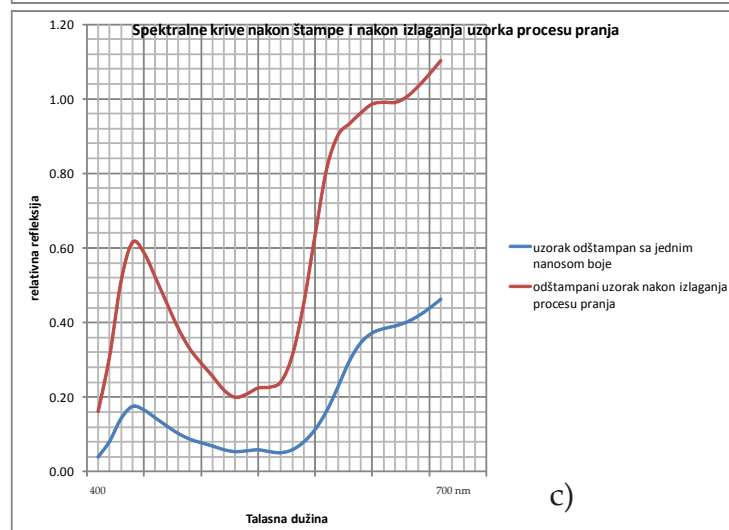
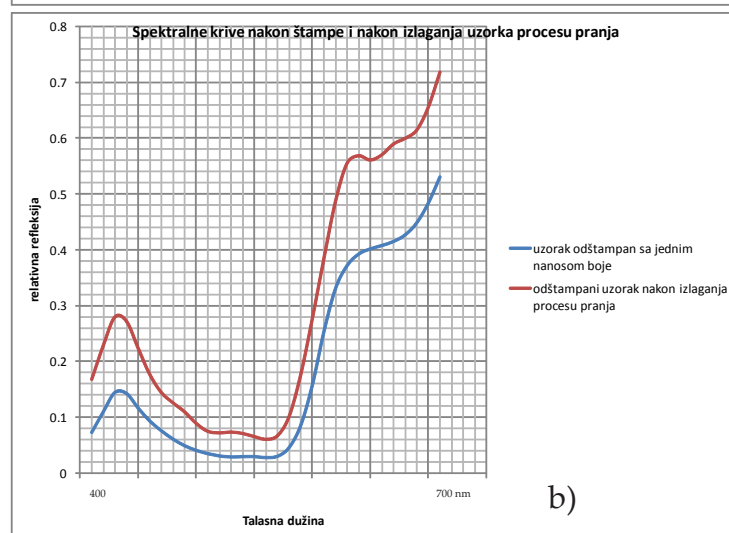
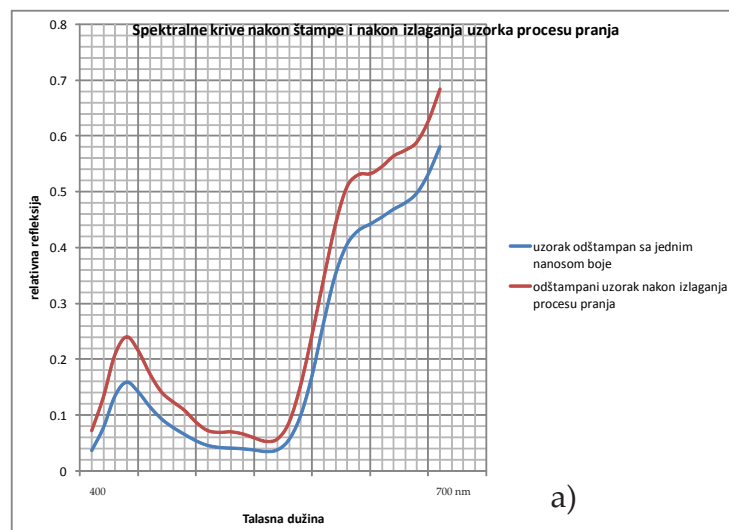


Slika P 2.1.16. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom (četiri nanosa), pre i posle izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim uslovima: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

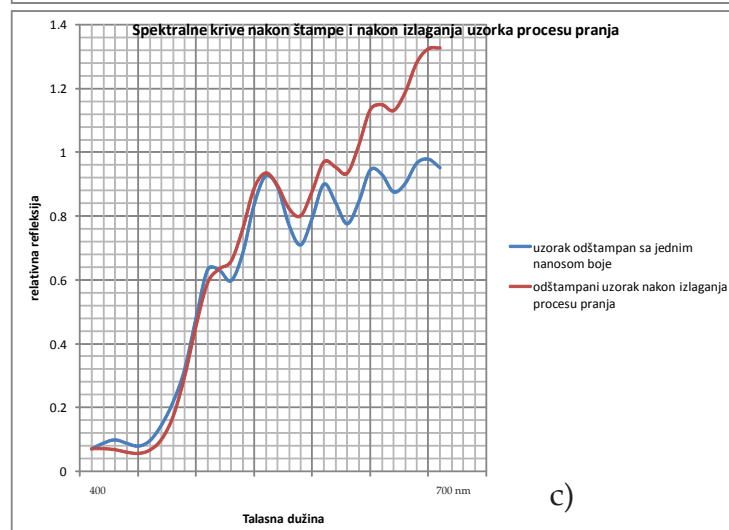
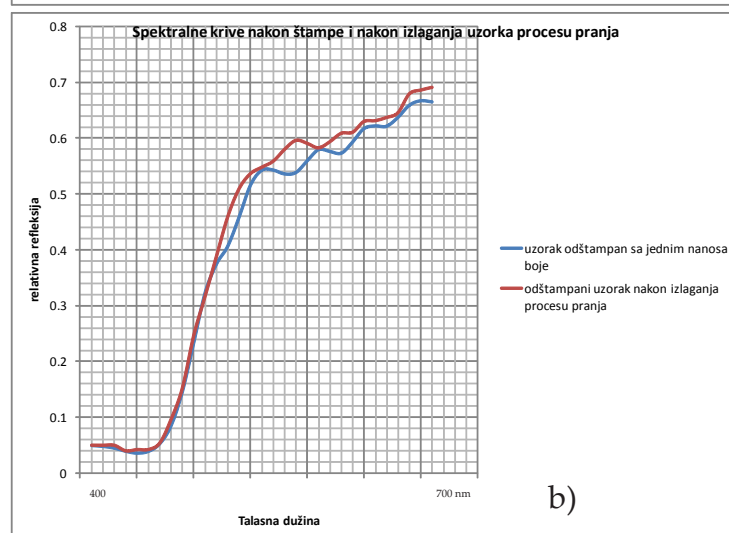
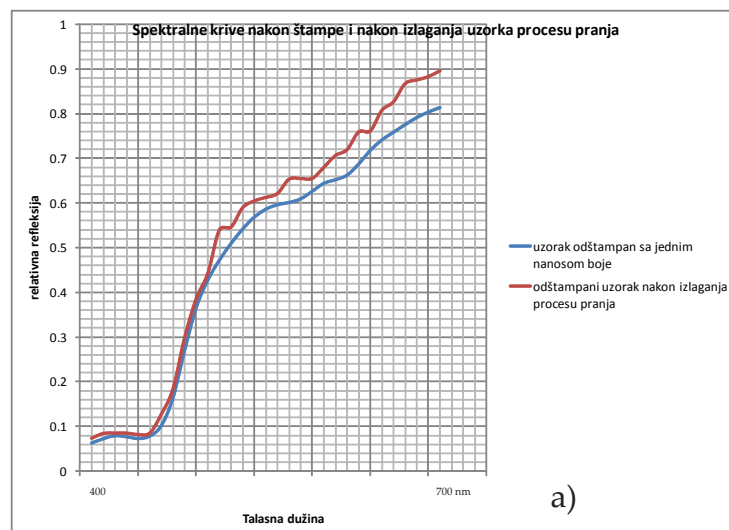
P 2. 2. Određivanje spektralnih krivih za uzorke nakon procesa pranja



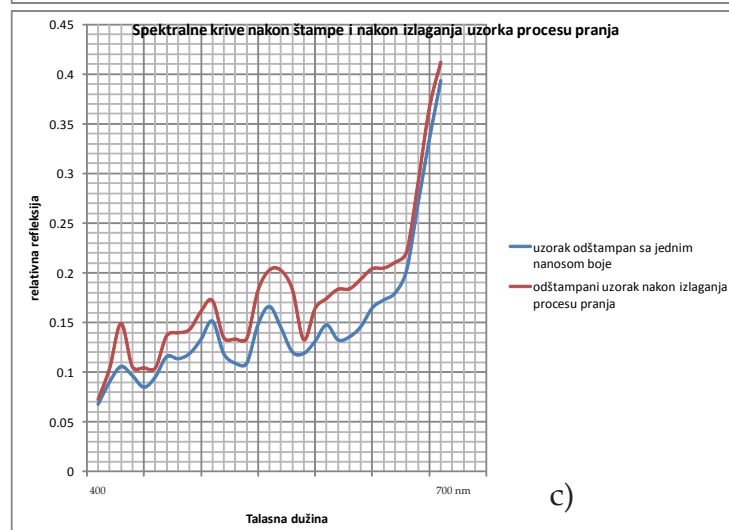
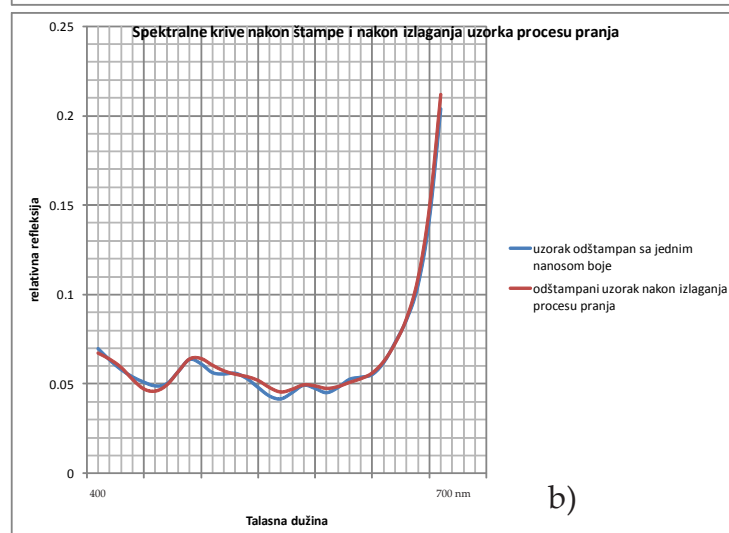
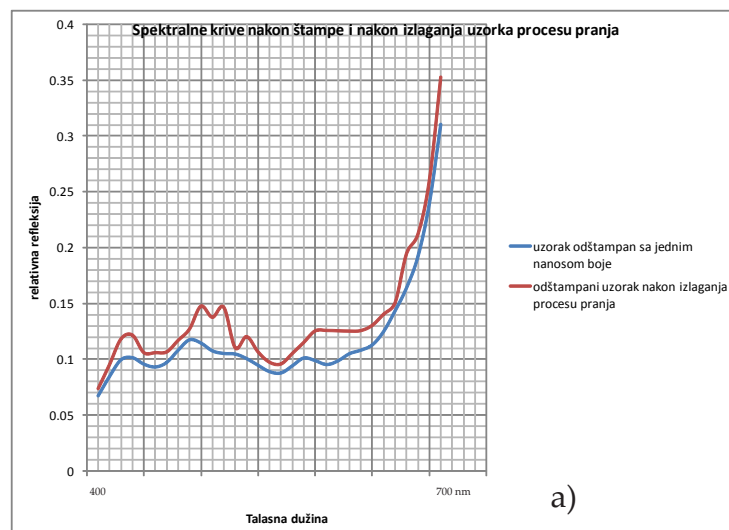
Slika P 2.2.1. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom (jedan nanos), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



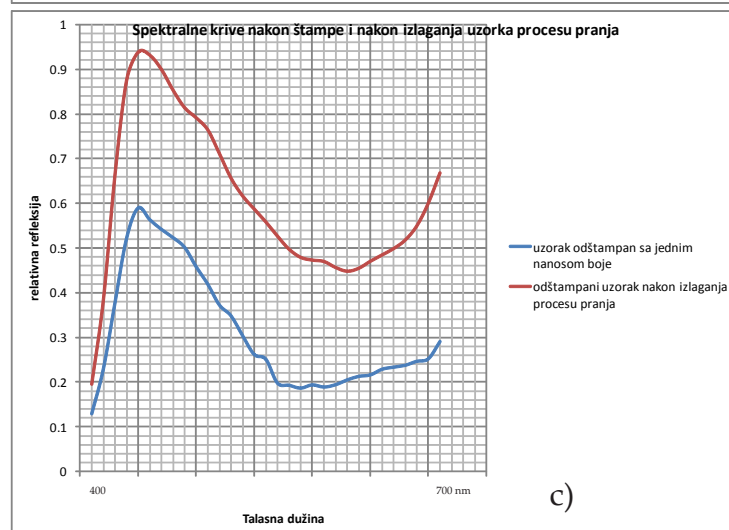
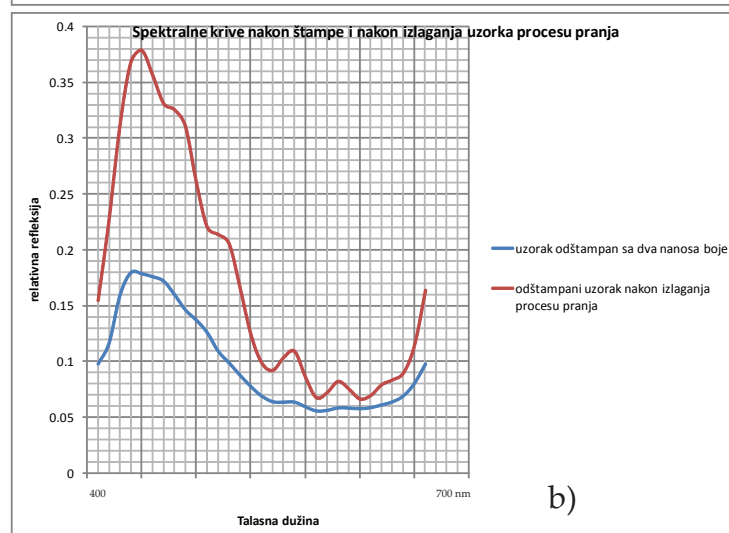
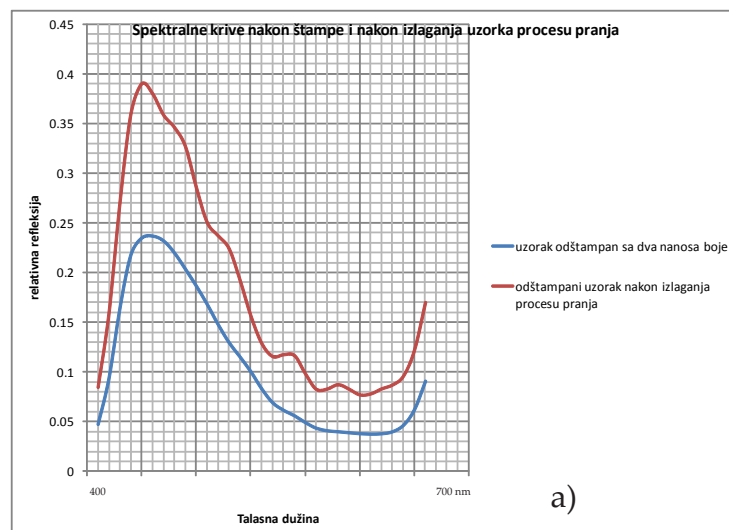
Slika P 2.2.2. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom (jedan nanos), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



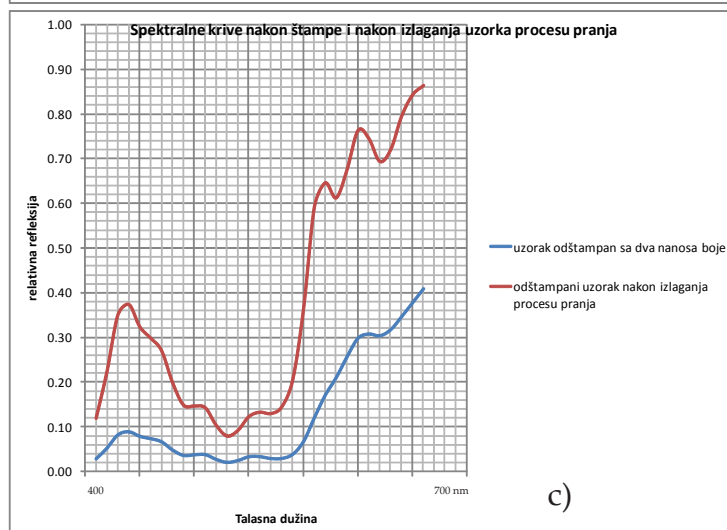
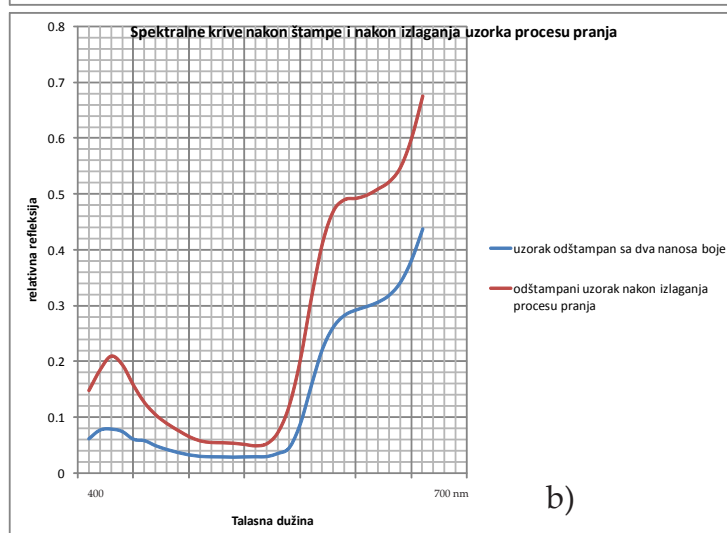
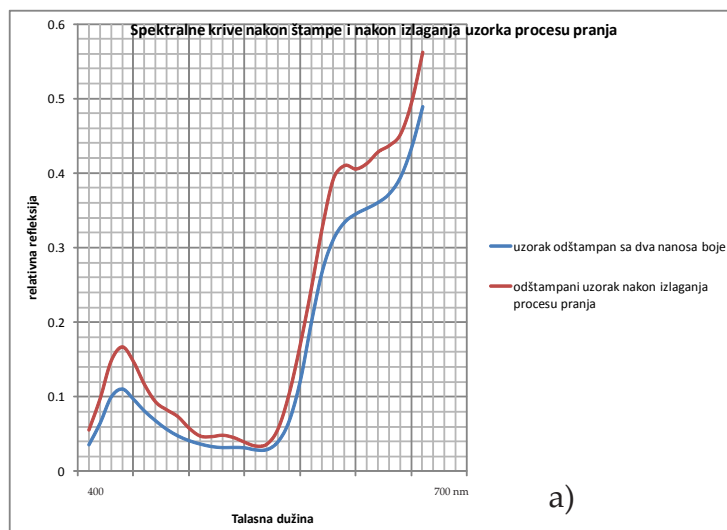
Slika P 2.2.3. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom (jedan nanos), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



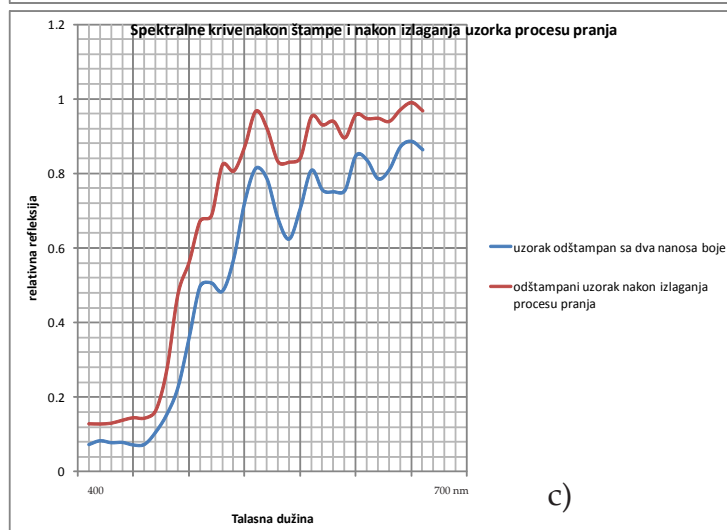
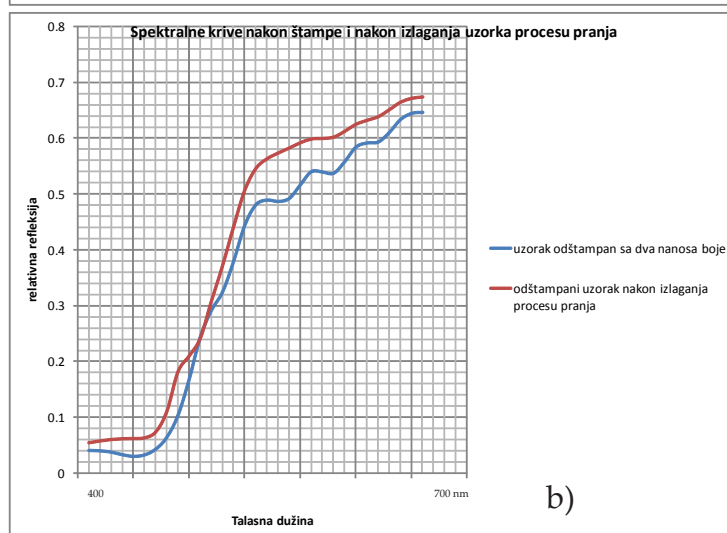
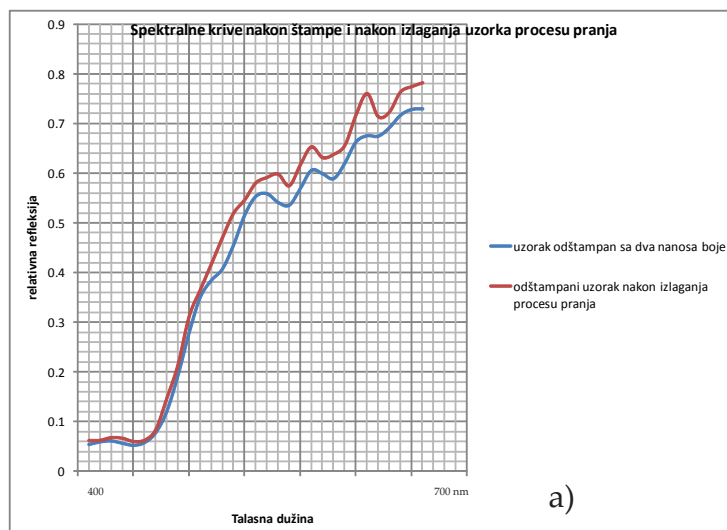
Slika P 2.2.4. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom (jedan nanos), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



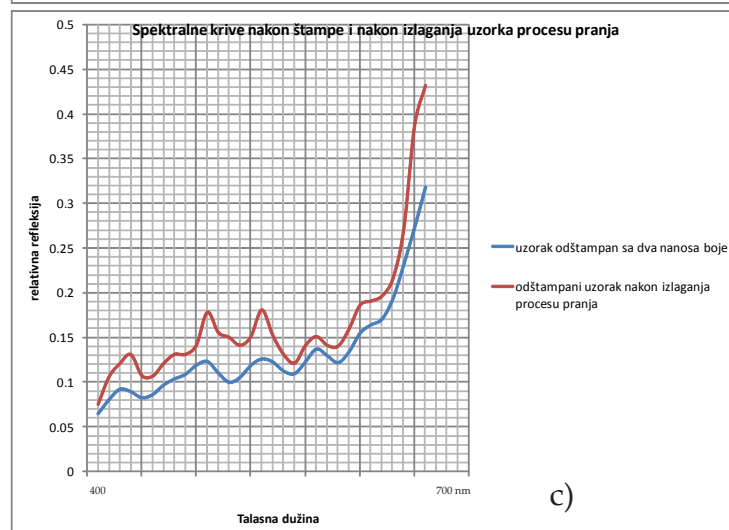
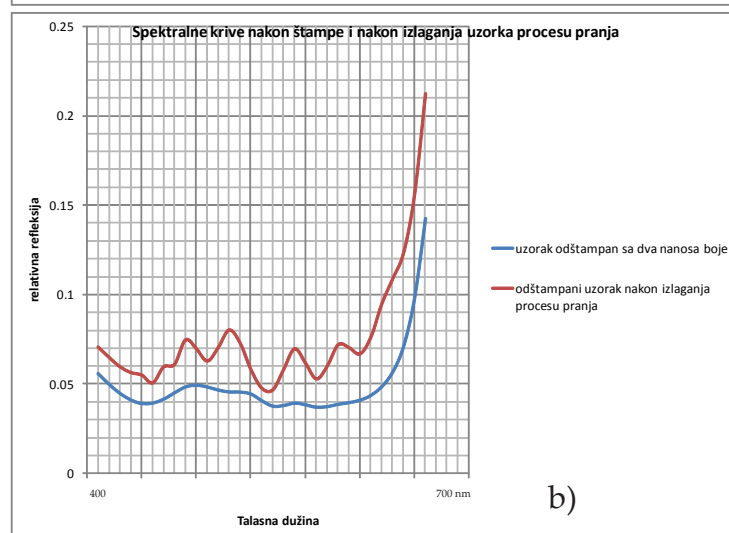
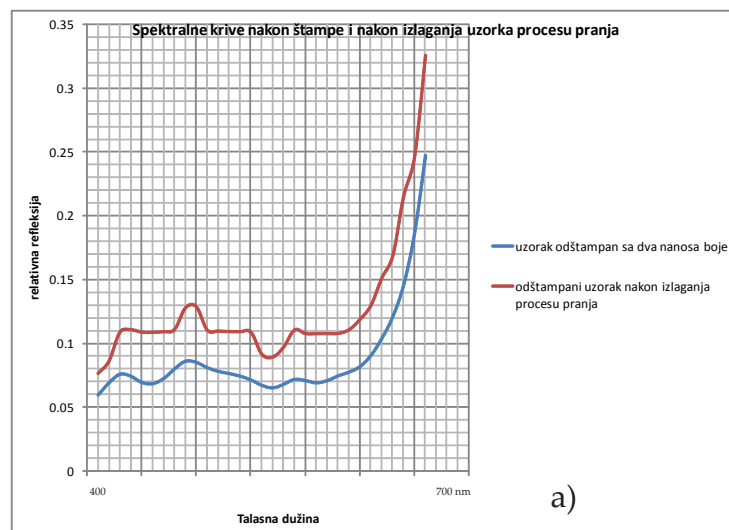
Slika P 2.2.5. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom (dva nanosa), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



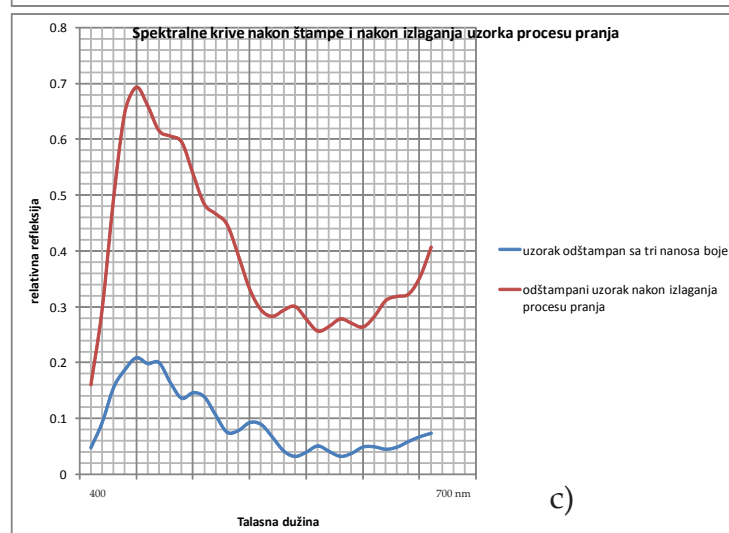
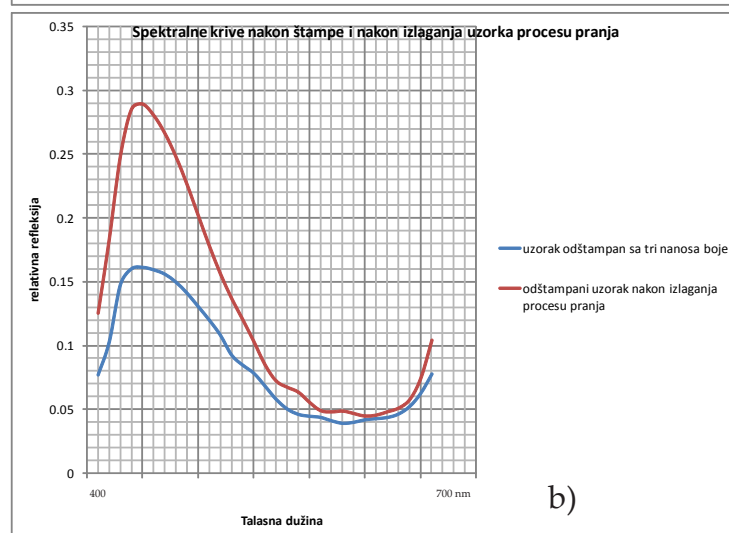
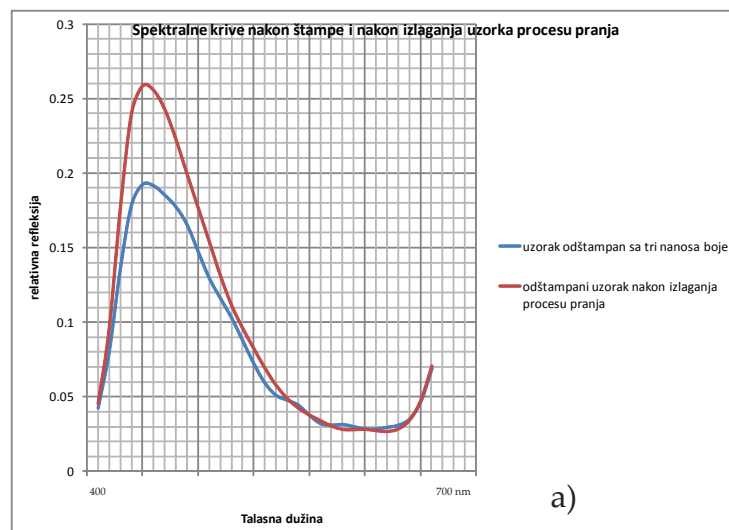
Slika P 2.2.6. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom (dva nanosa), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



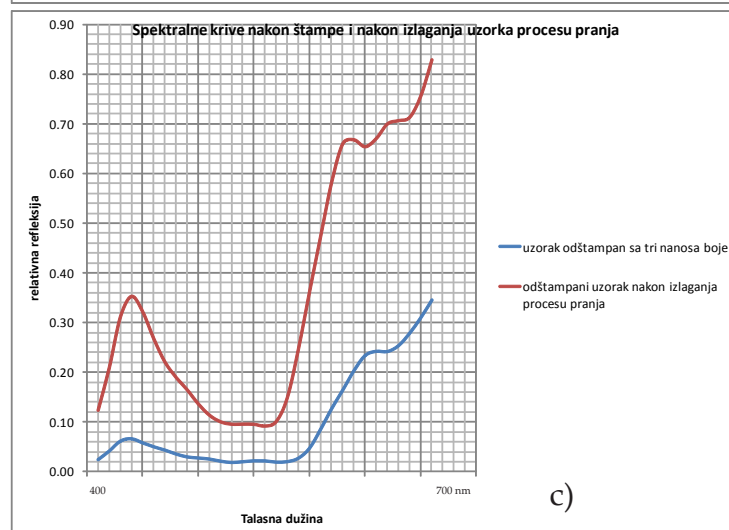
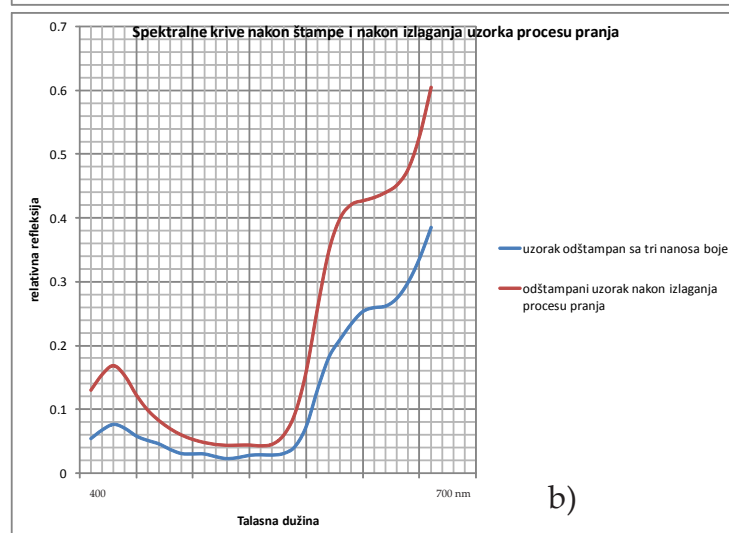
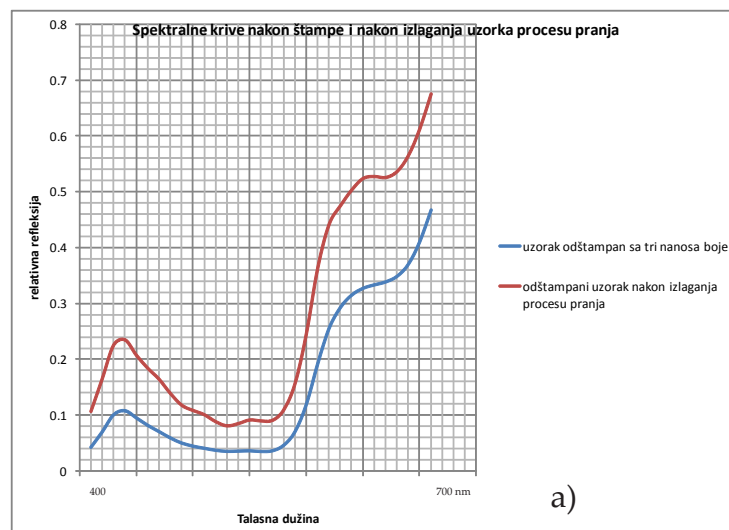
Slika P 2.2.7. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom (dva nanosa), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



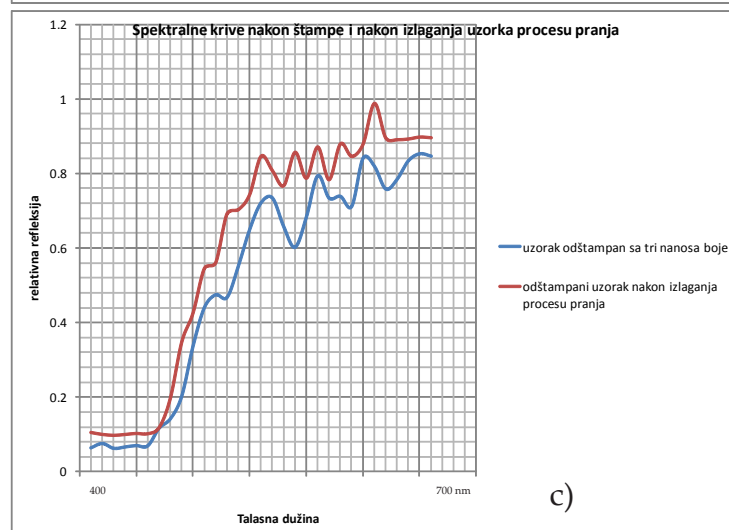
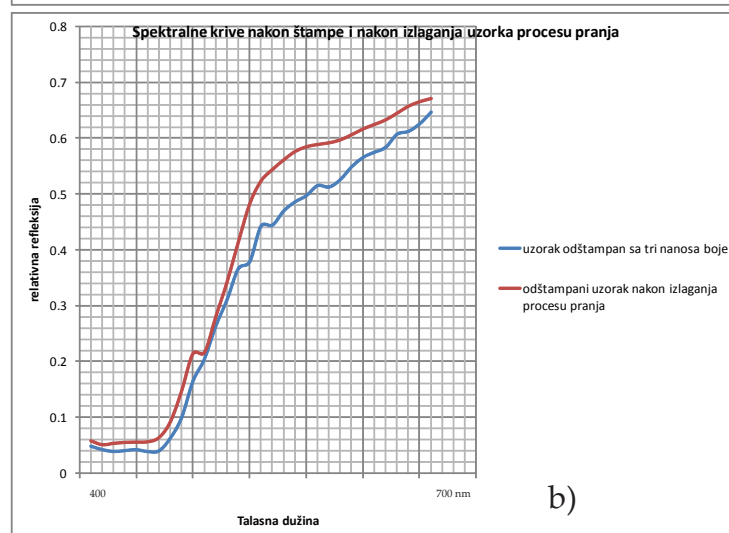
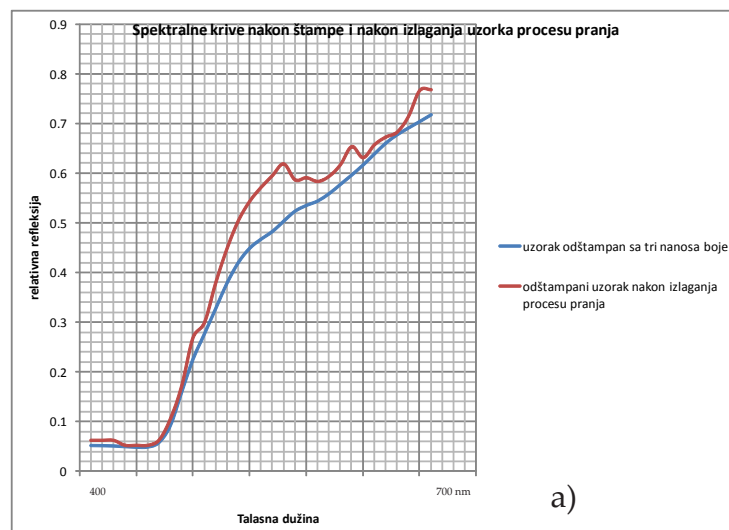
Slika P 2.2.8. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom (dva nanosa), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



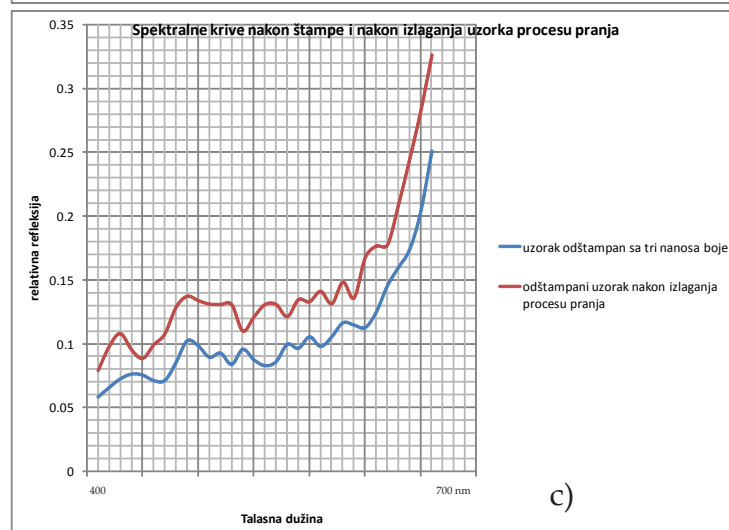
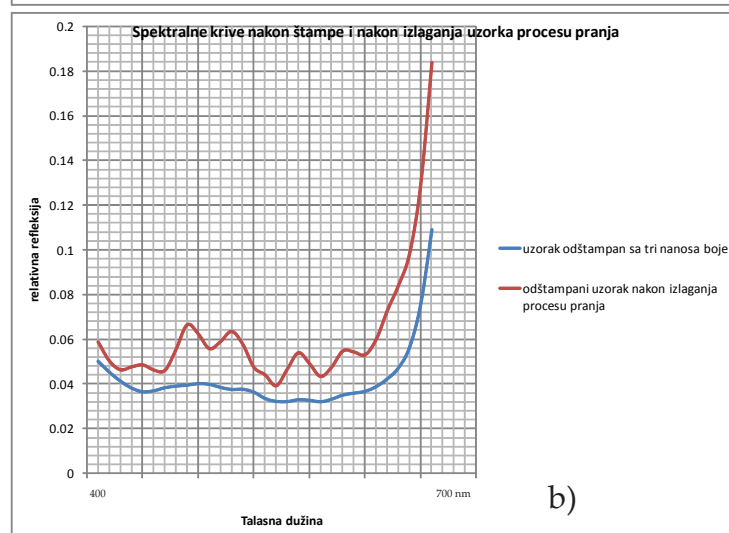
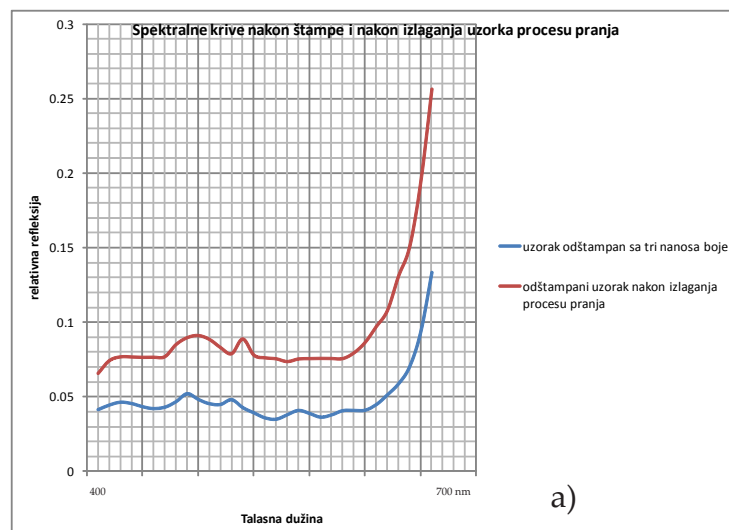
Slika P 2.2.9. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom (tri nanosa), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



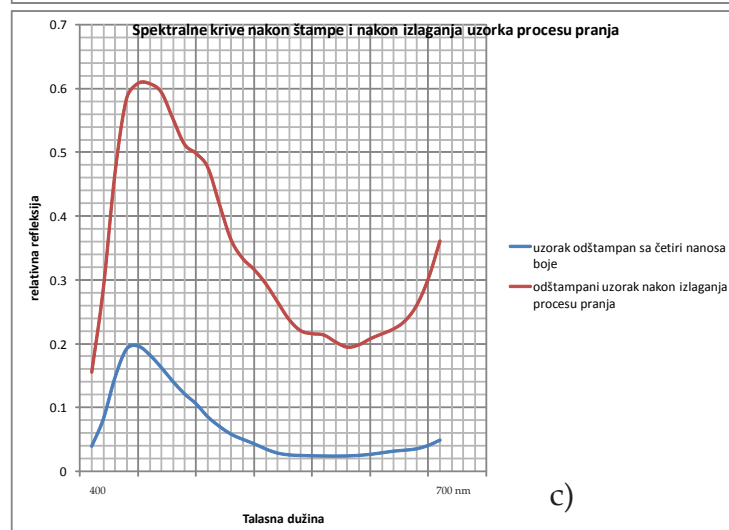
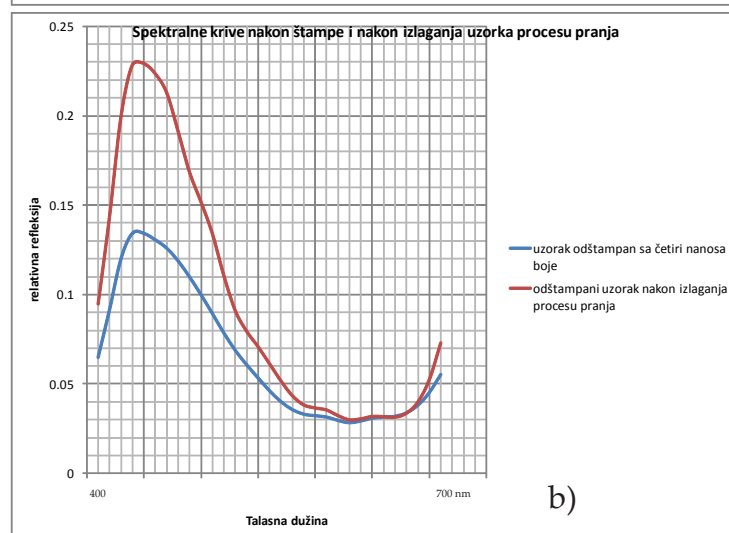
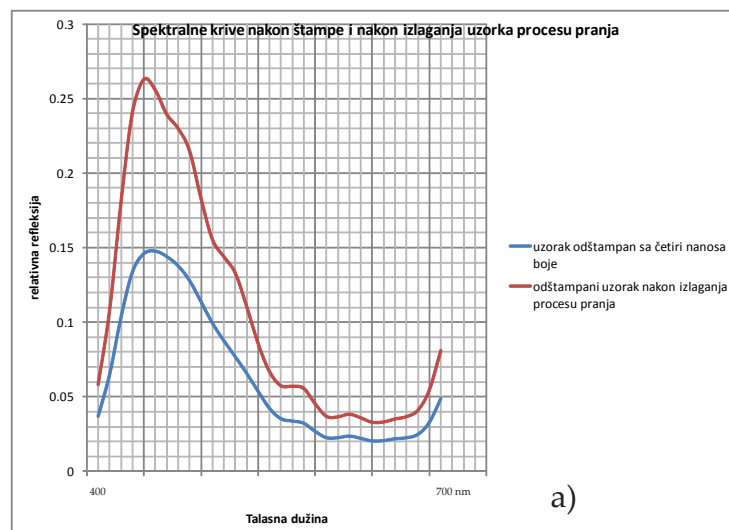
Slika P 2.2.10. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom (tri nanosa), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



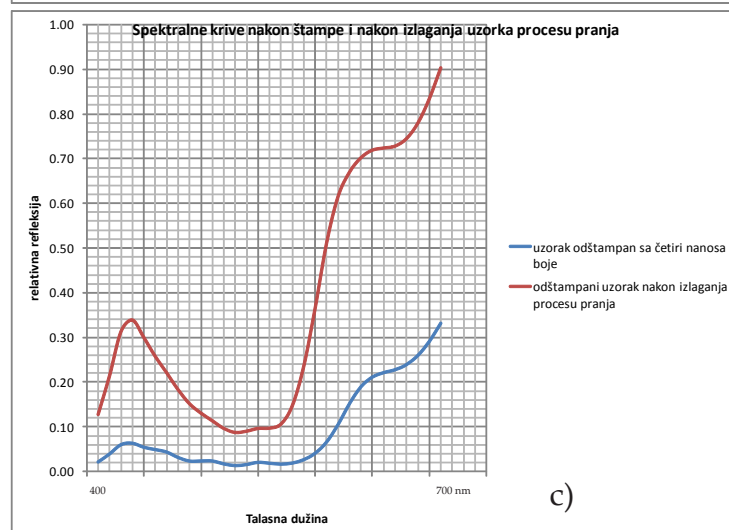
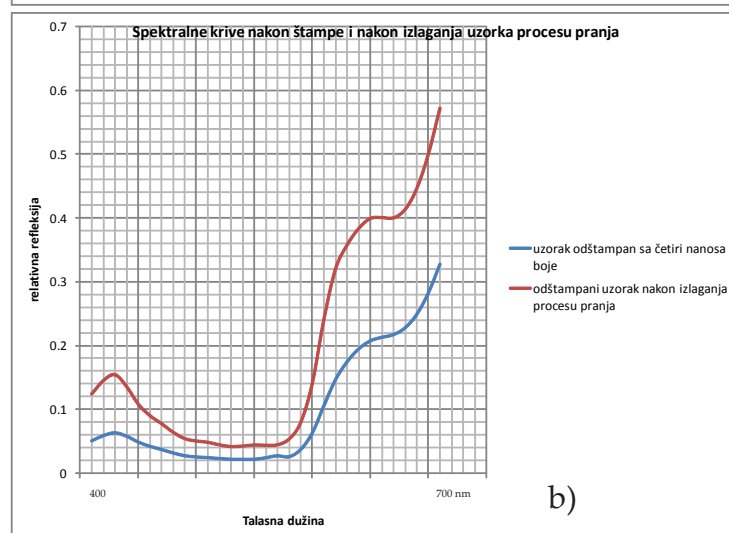
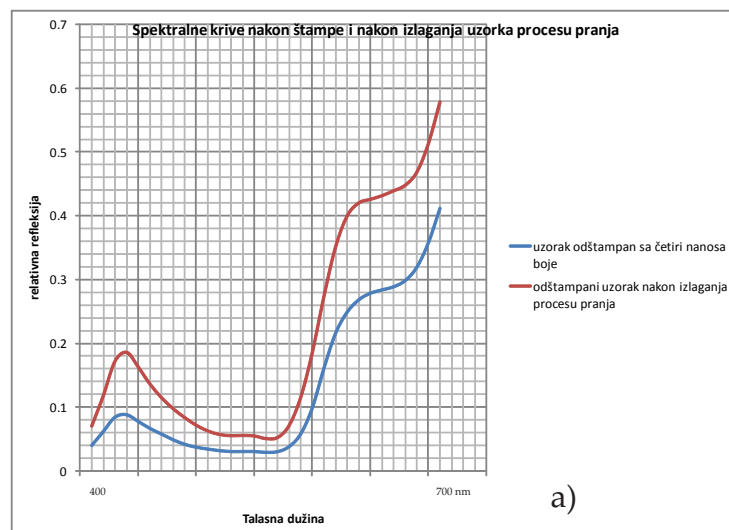
Slika P 2.2.11. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom (tri nanosa), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



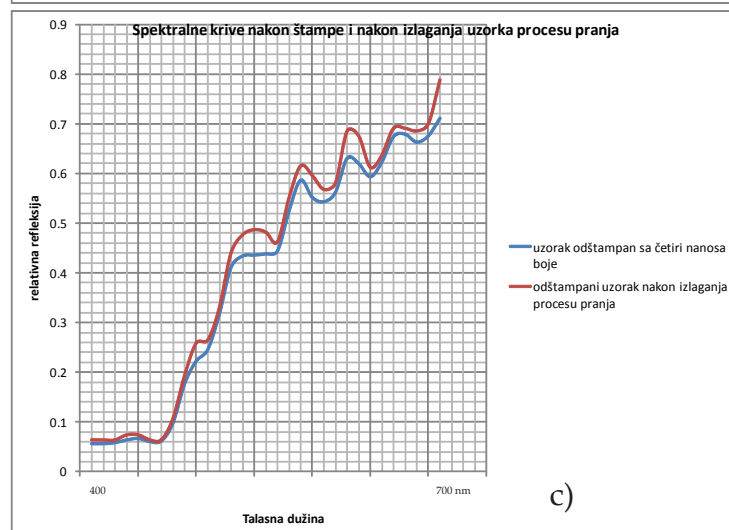
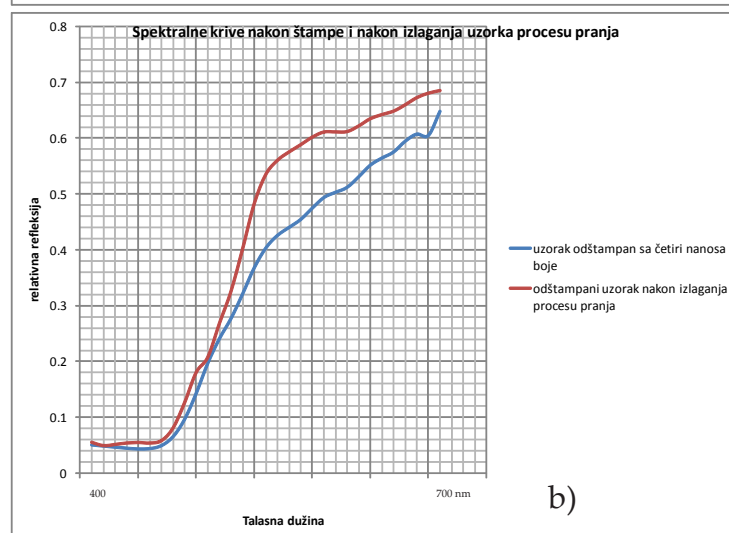
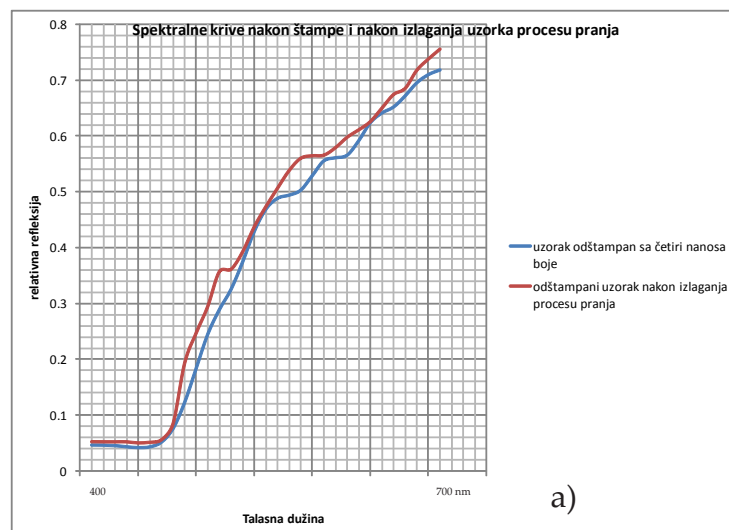
Slika P 2.2.12. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom (tri nanosa), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



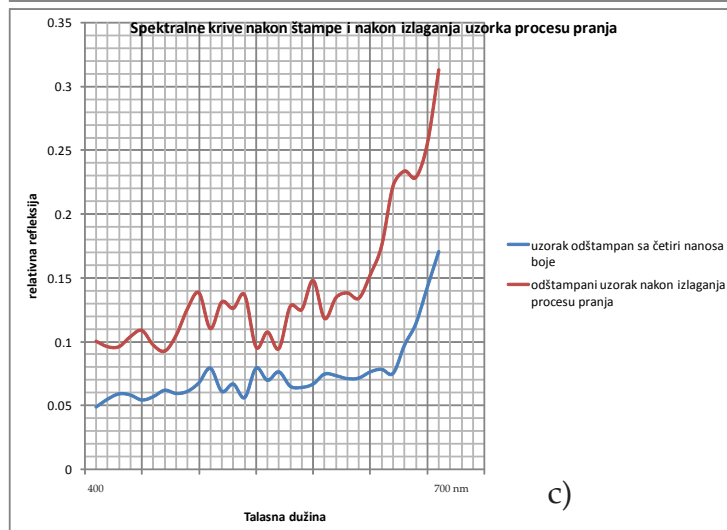
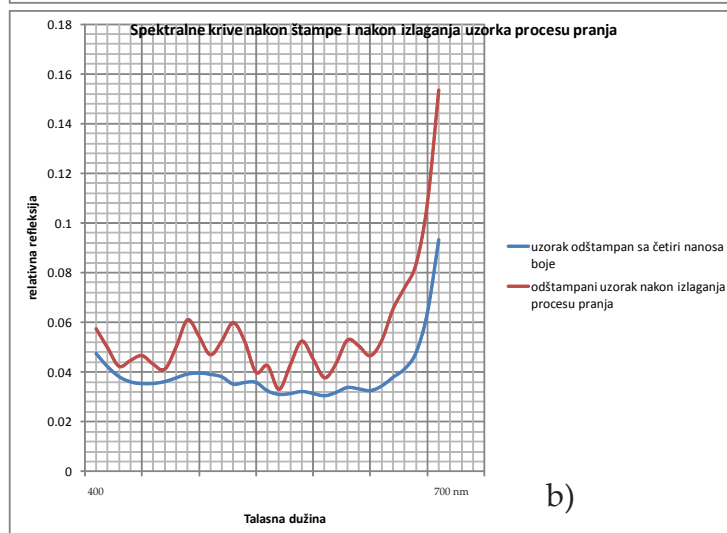
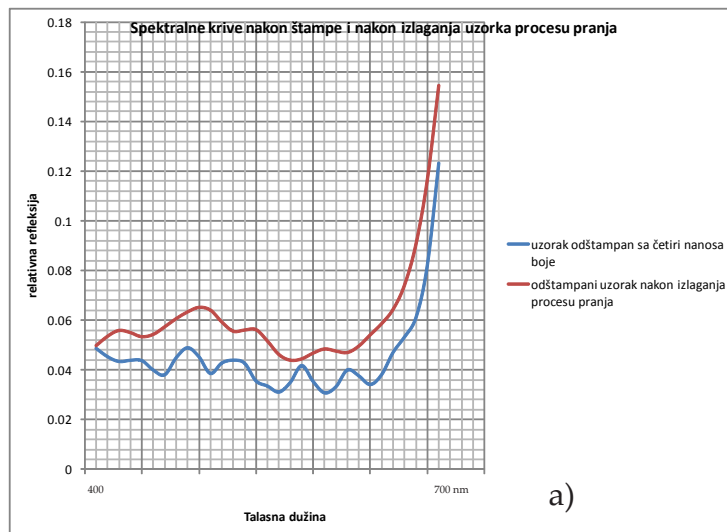
Slika P 2.2.13. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom (četiri nanosa), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



Slika P 2.2.14. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom (četiri nanosa), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

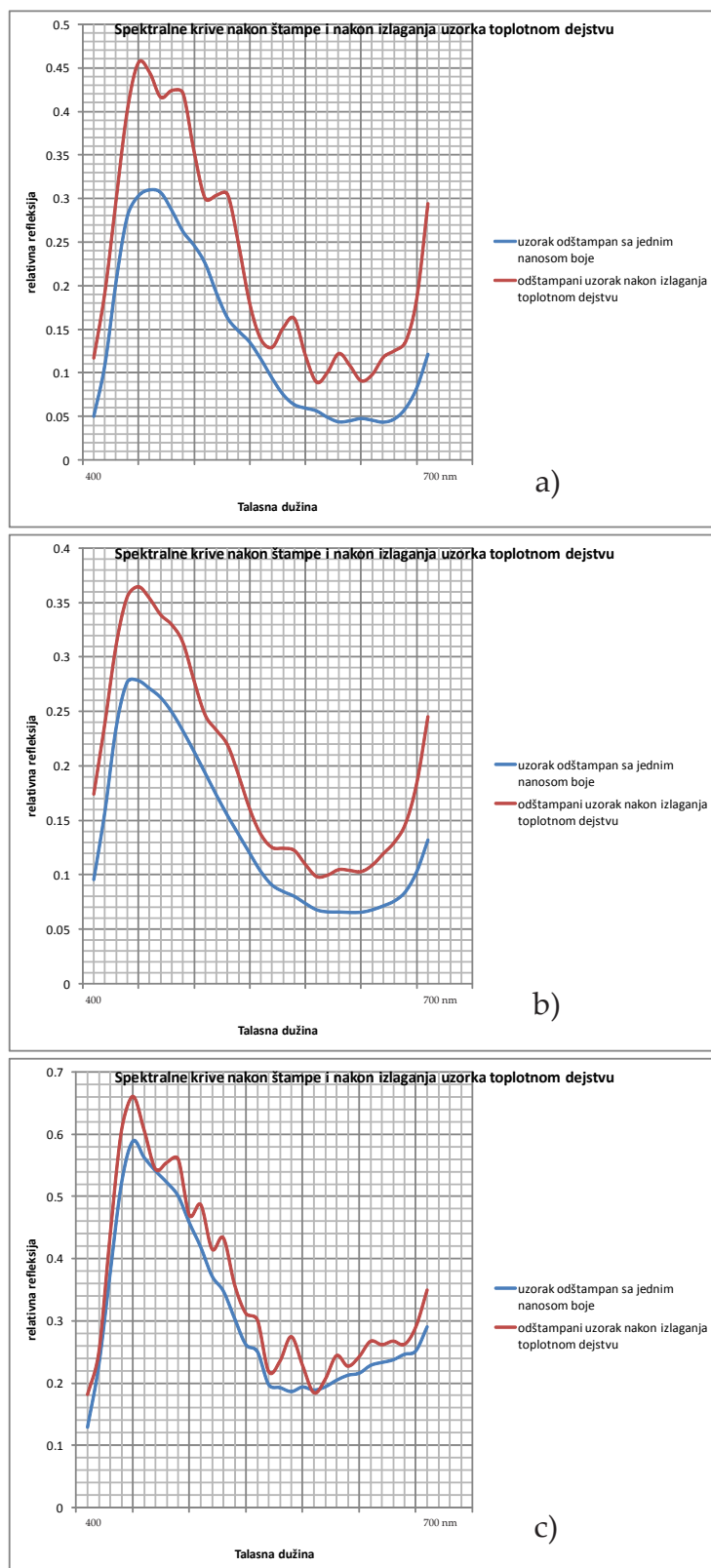


Slika P 2.2.15. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom (četiri nanosa), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

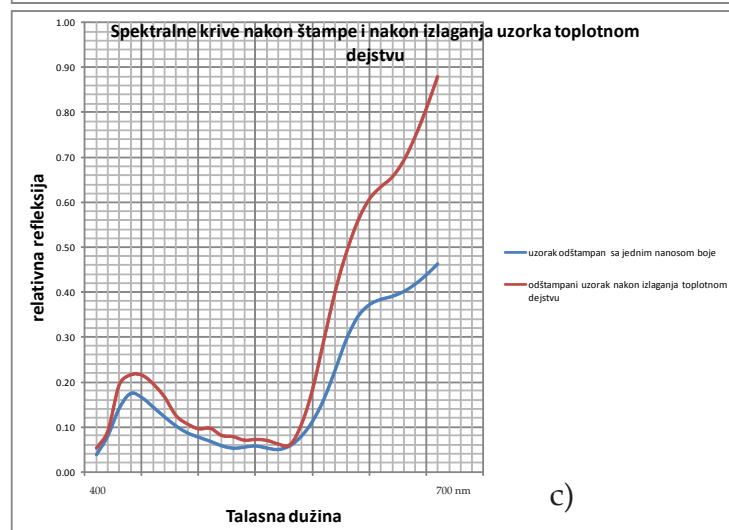
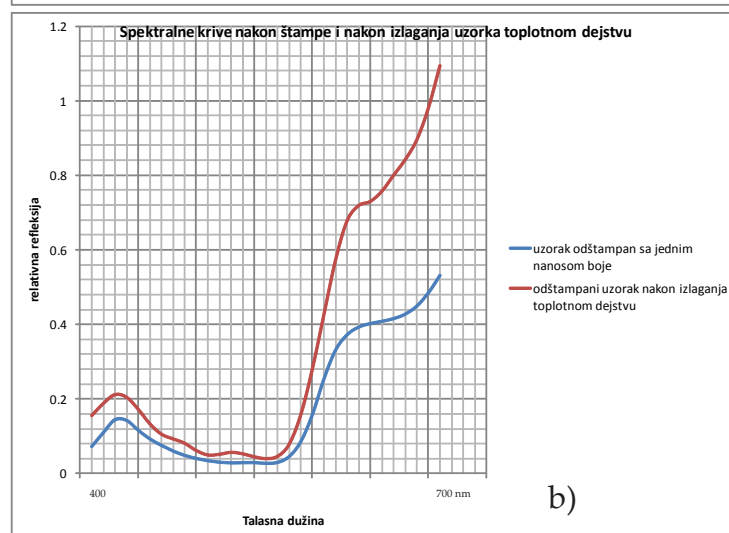
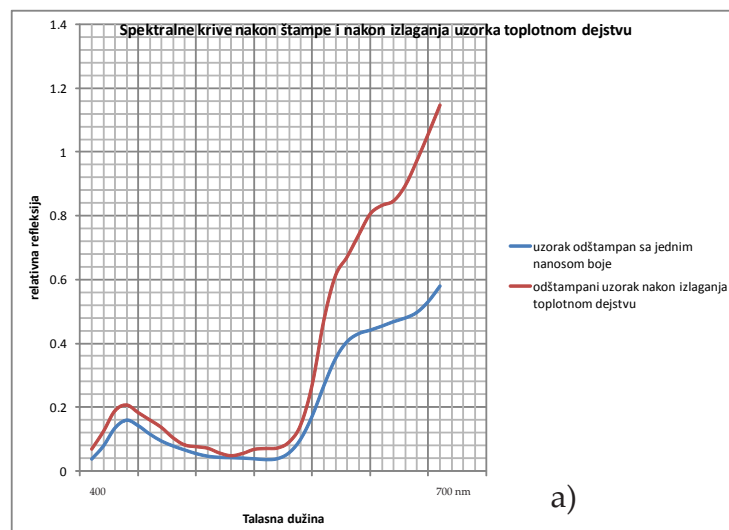


Slika P 2.2.16. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom (četiri nanosa), pre i posle procesa pranja: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

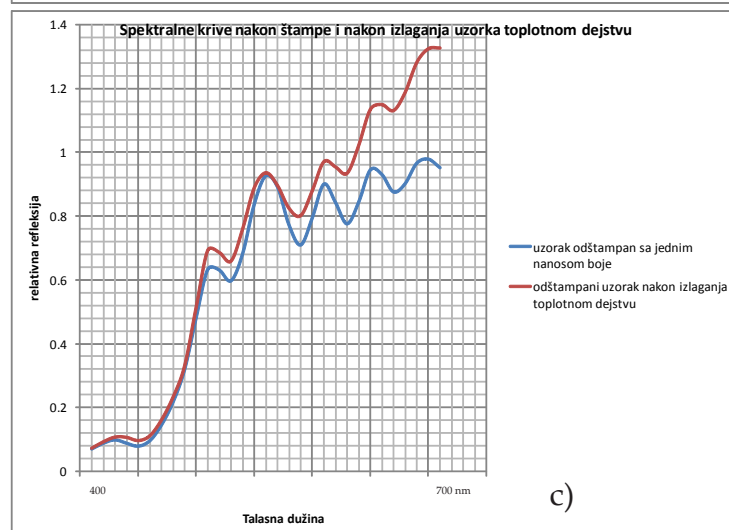
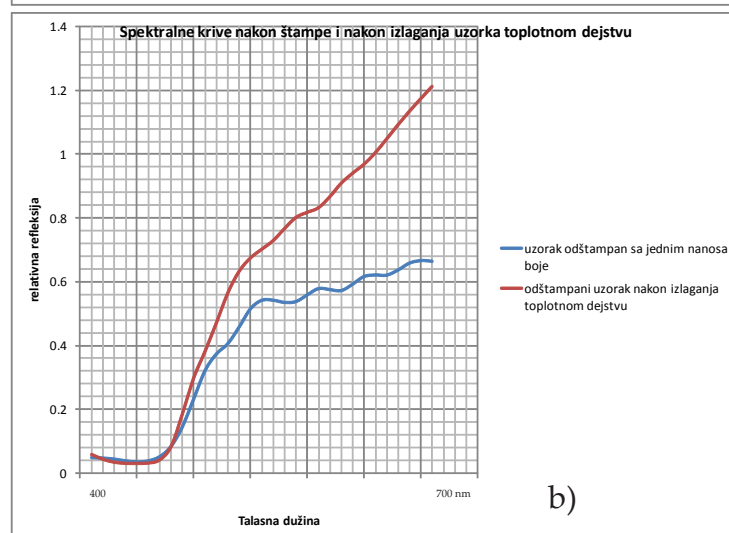
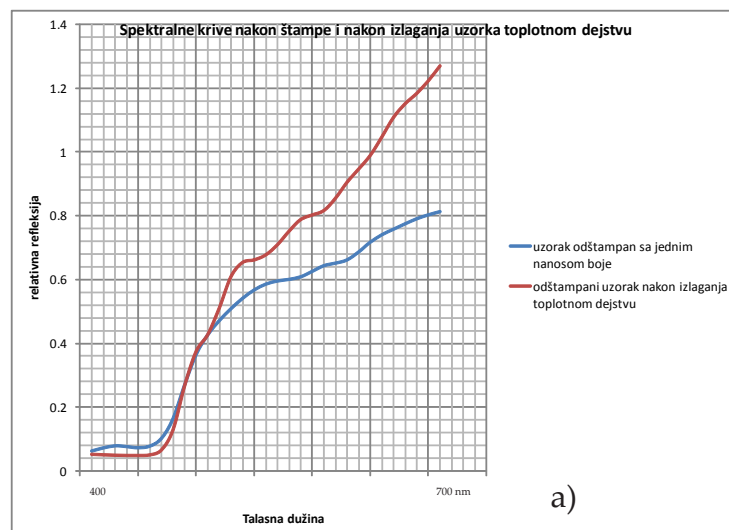
P 2. 3. Određivanje spektralnih krivih za uzorke nakon toplotnog dejstva



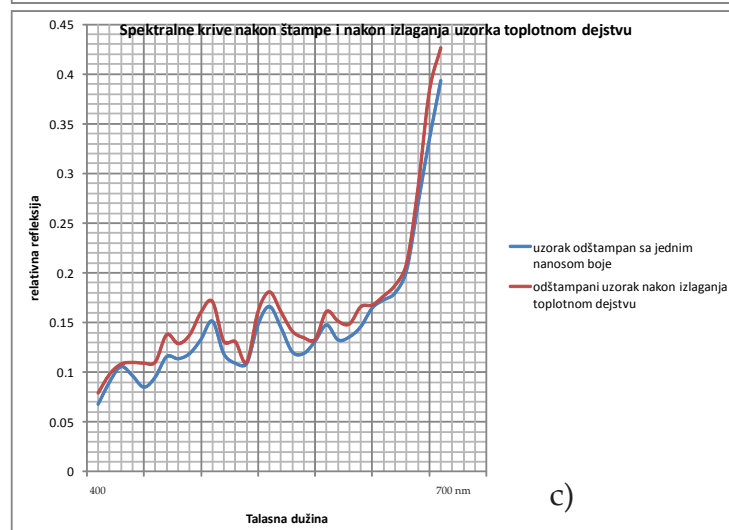
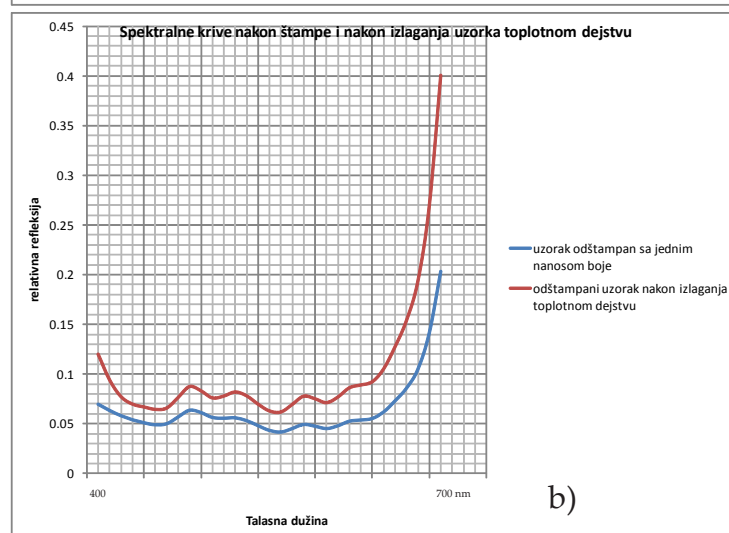
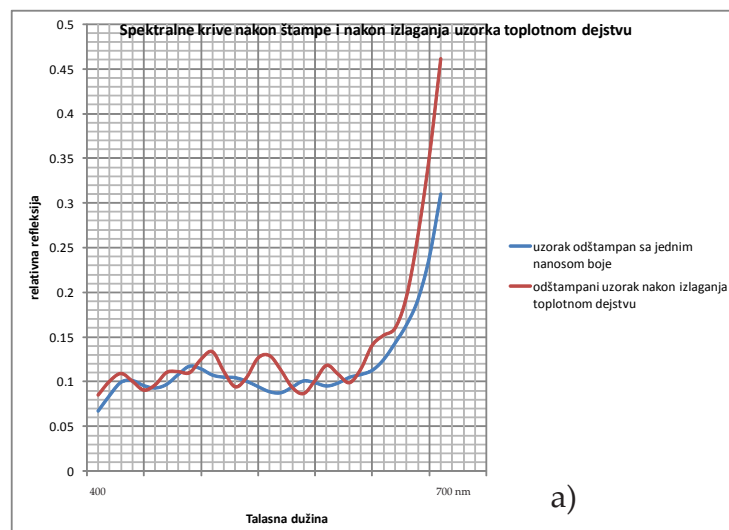
Slika P 2.3.1. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom (jedan nanos), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



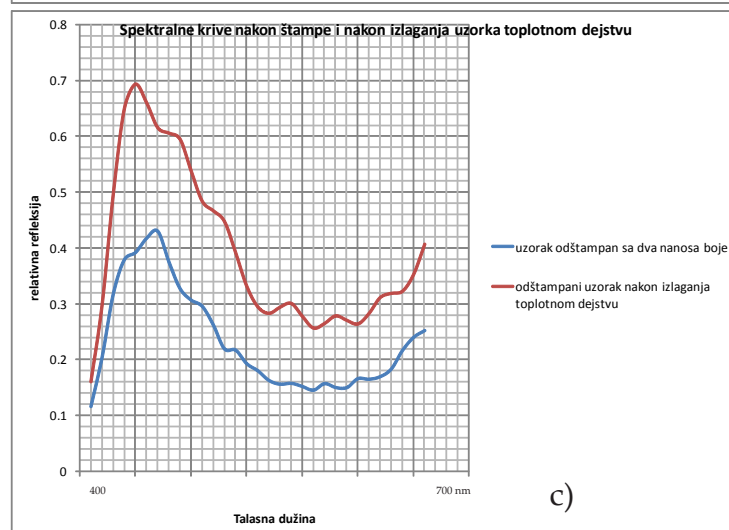
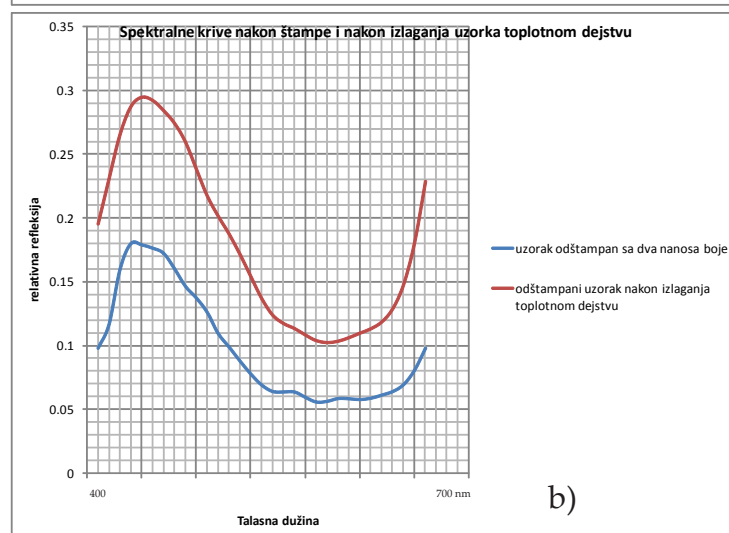
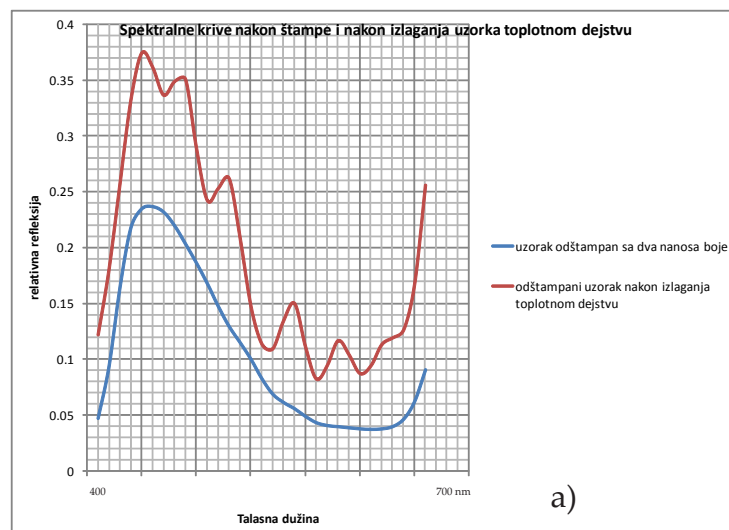
Slika P 2.3.2. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom (jedan nanos), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



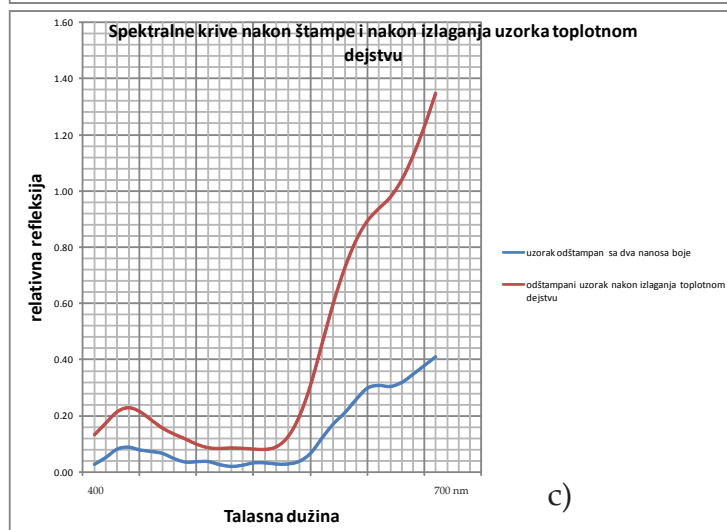
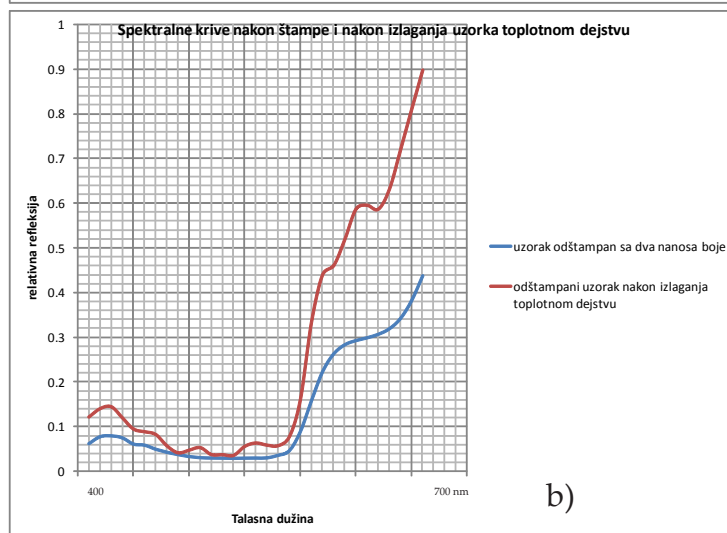
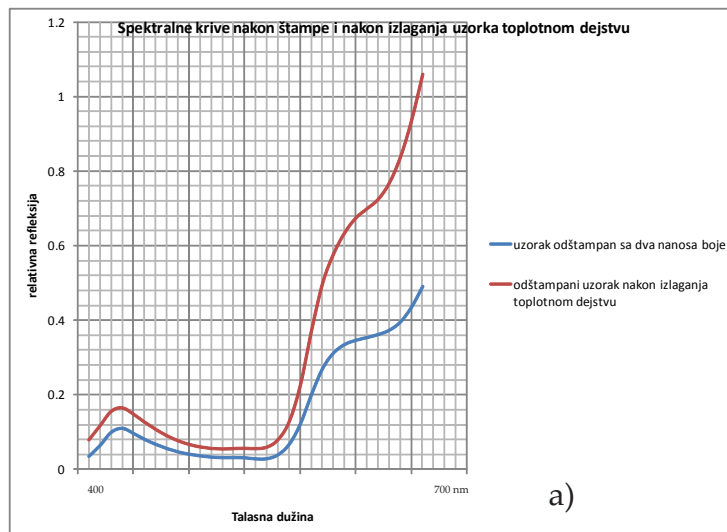
Slika P 2.3.3. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom (jedan nanos), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



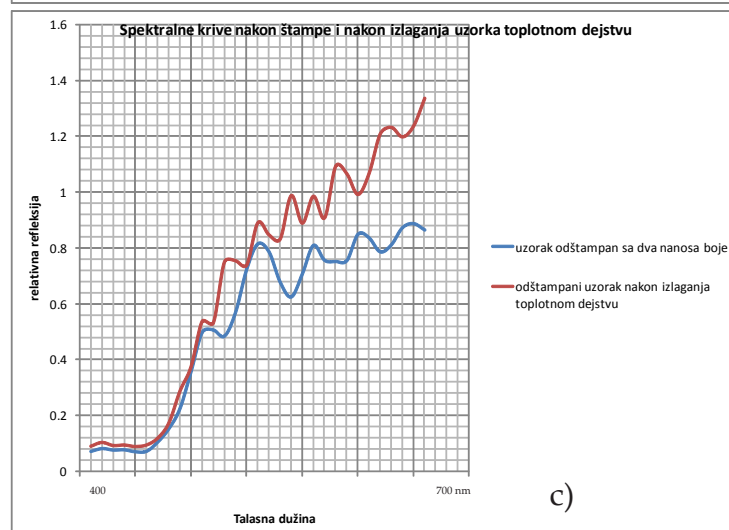
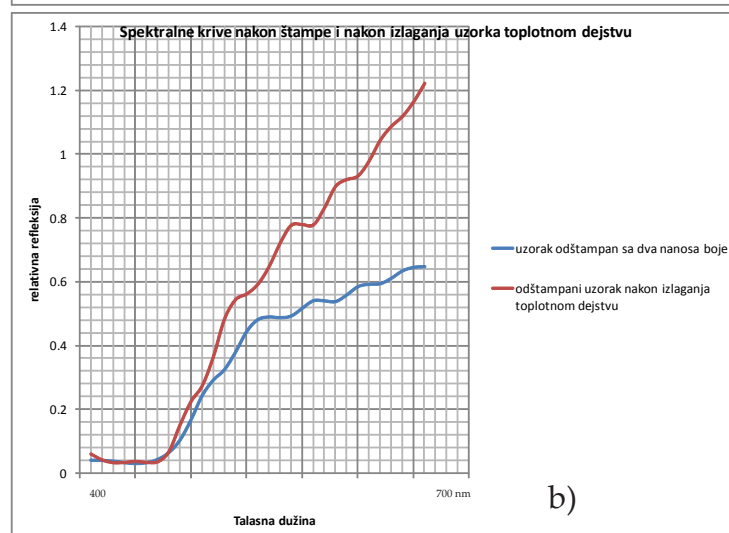
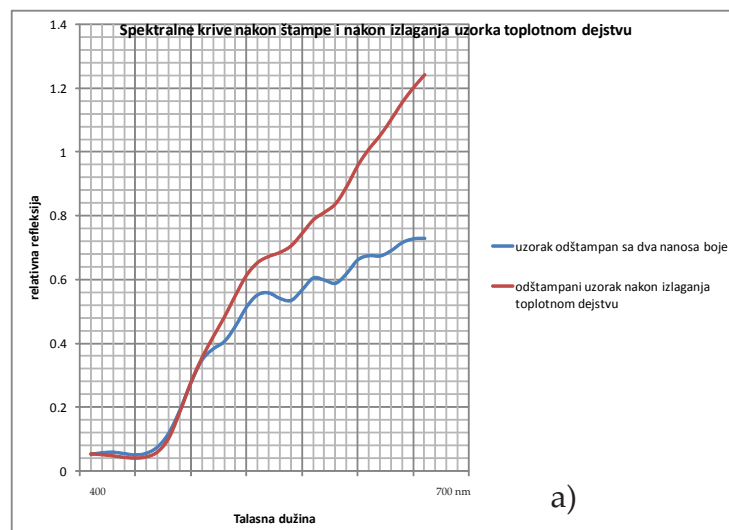
Slika P 2.3.4. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom (jedan nanos), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



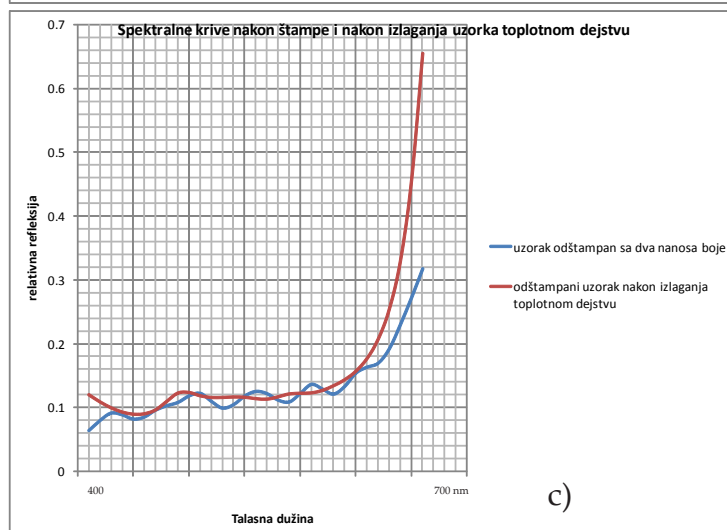
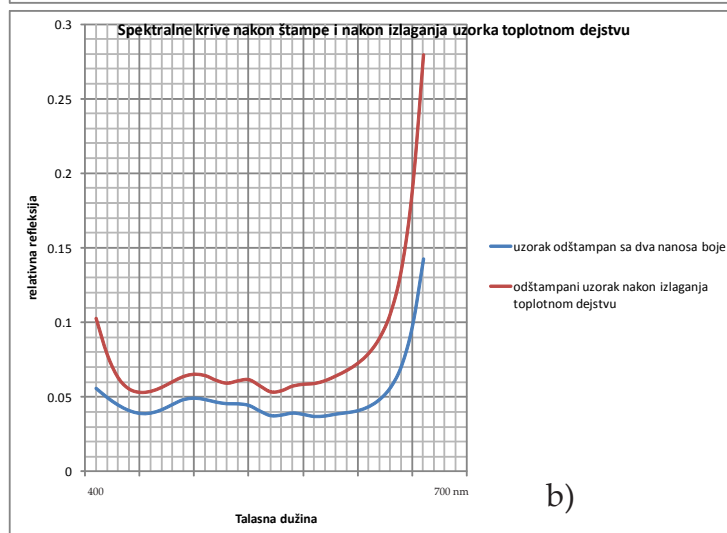
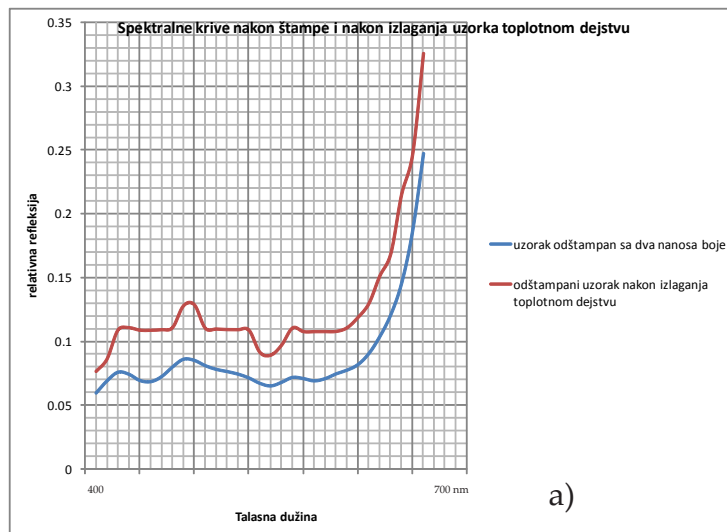
Slika P 2.3.5. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom (dva nanosa), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



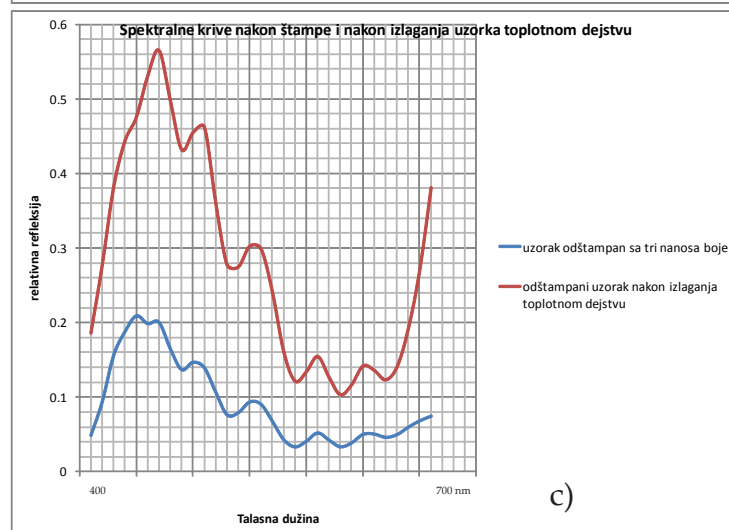
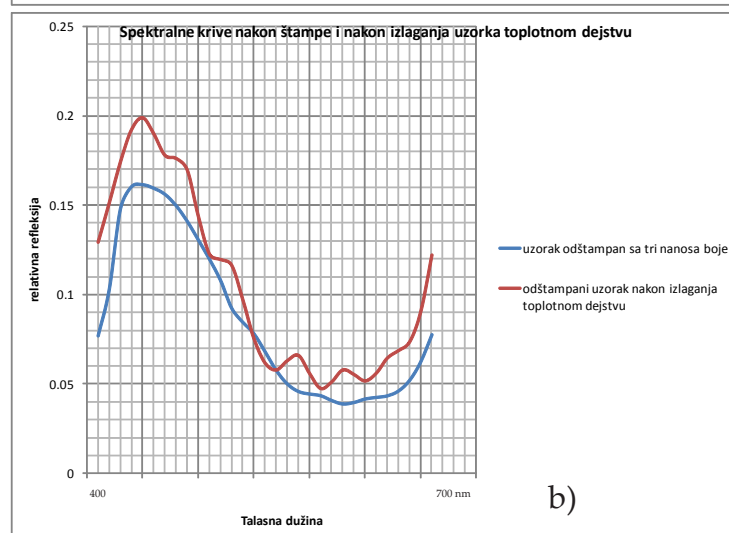
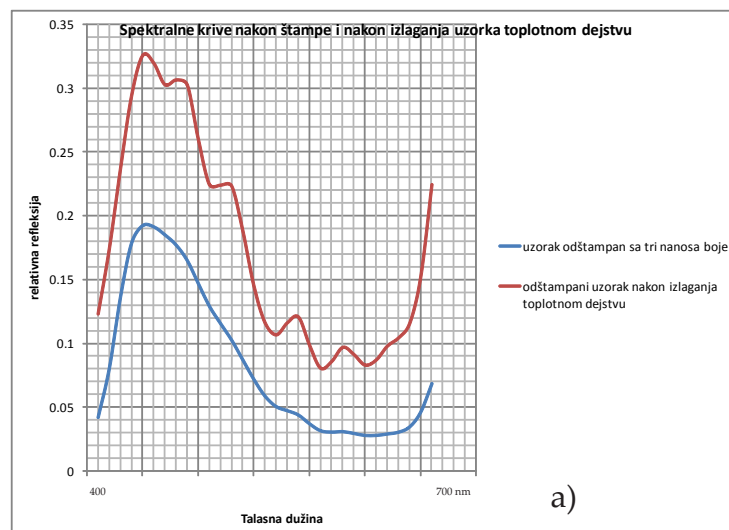
Slika P 2.3.6. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom (dva nanosa), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



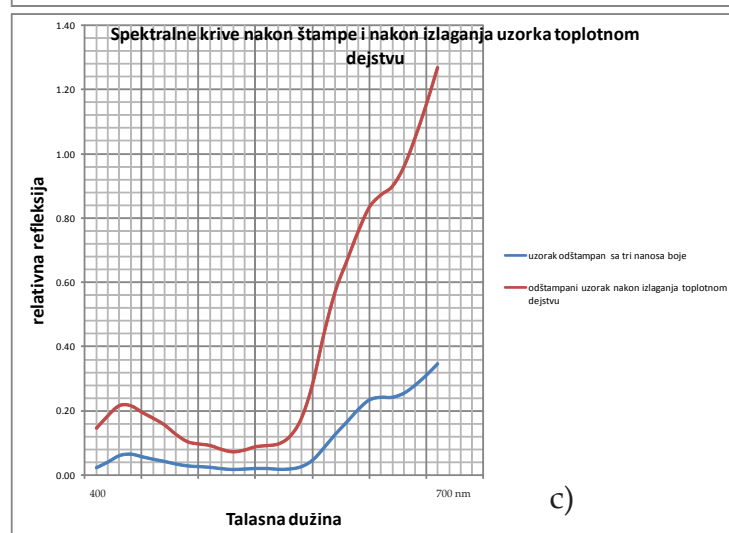
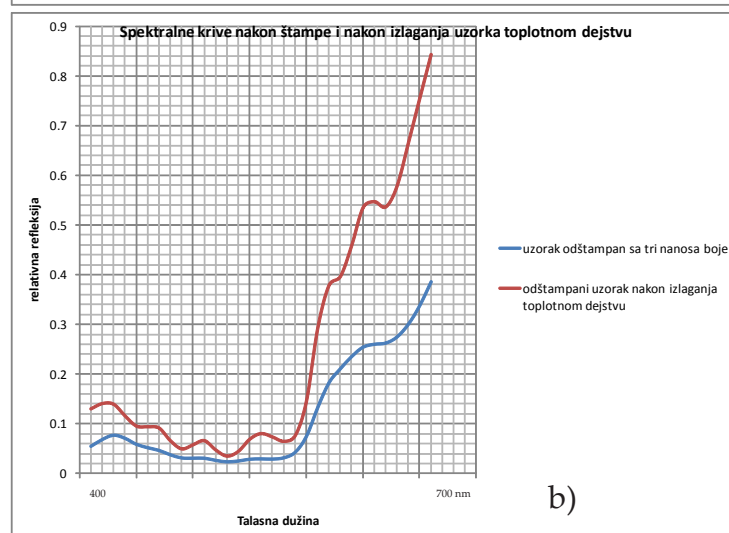
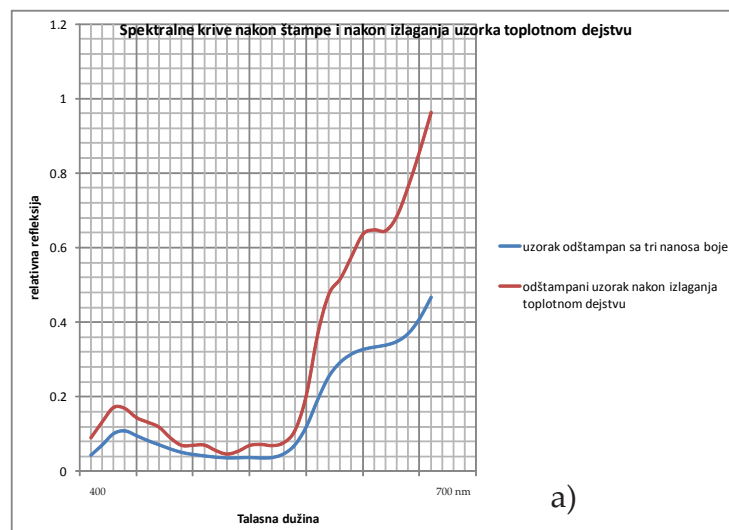
Slika P 2.3.7. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom (dva nanosa), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



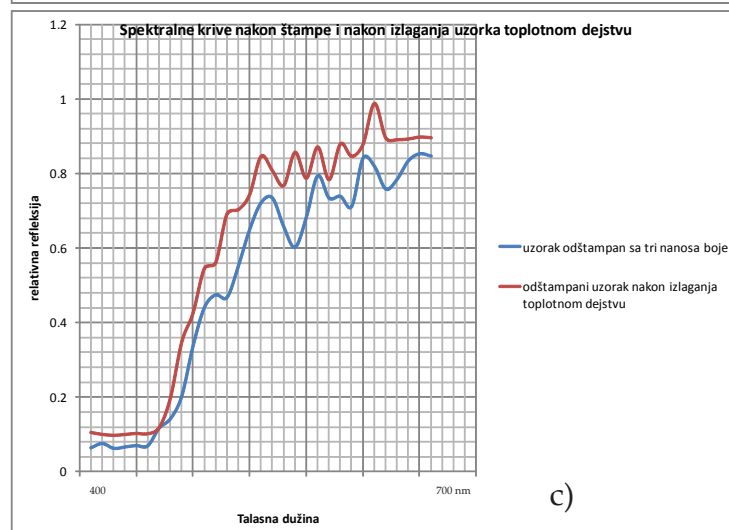
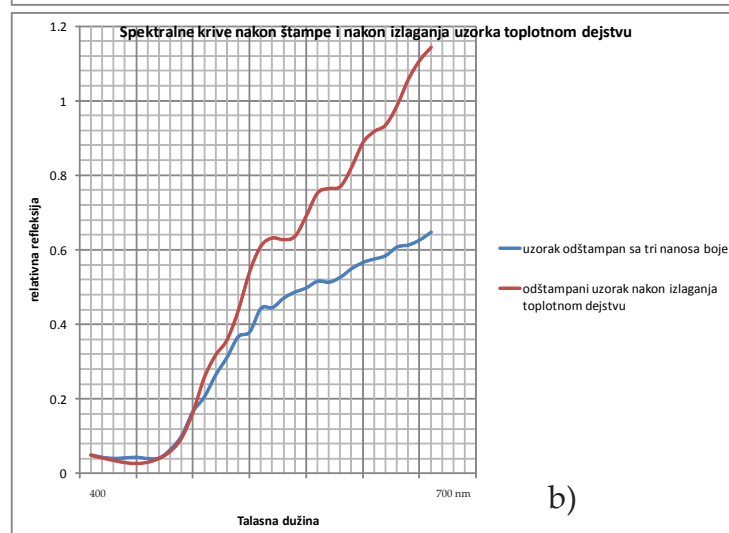
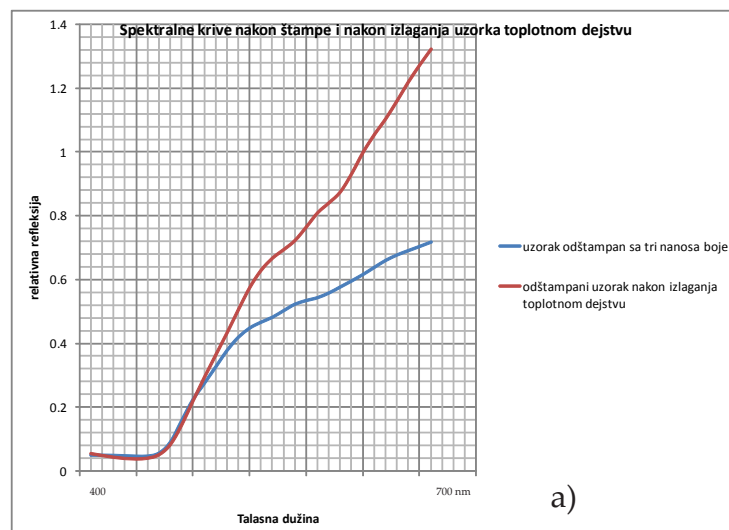
Slika P 2.3.8. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom (dva nanosa), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



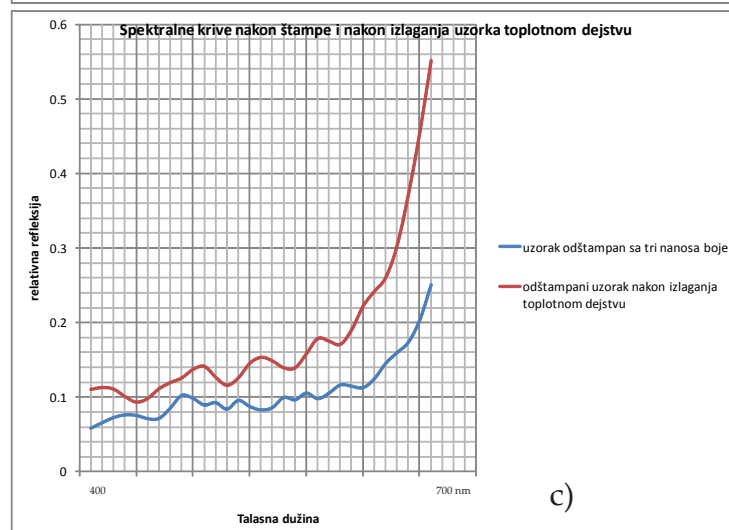
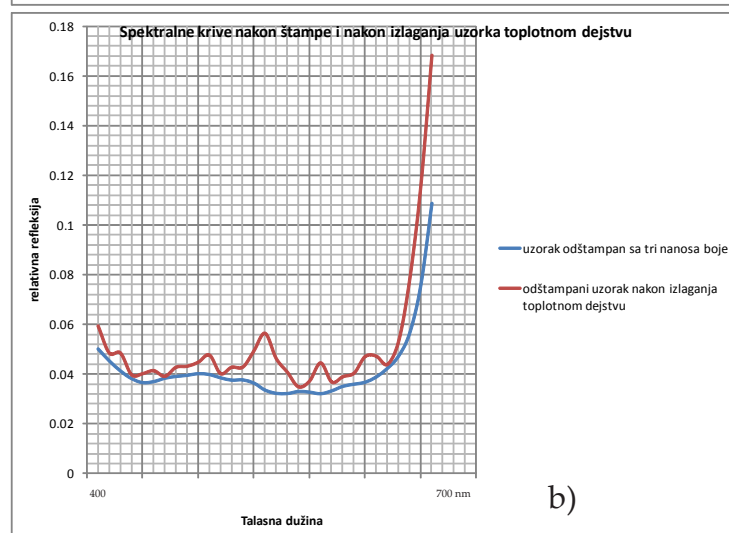
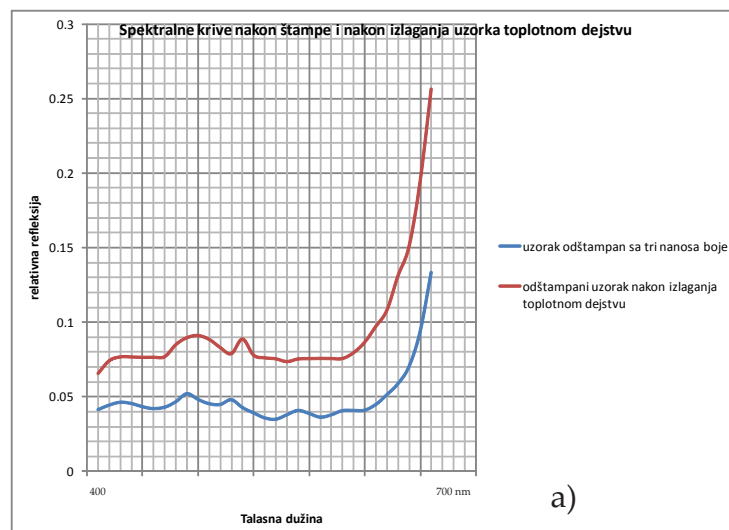
Slika P 2.3.9. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom (tri nanosa), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



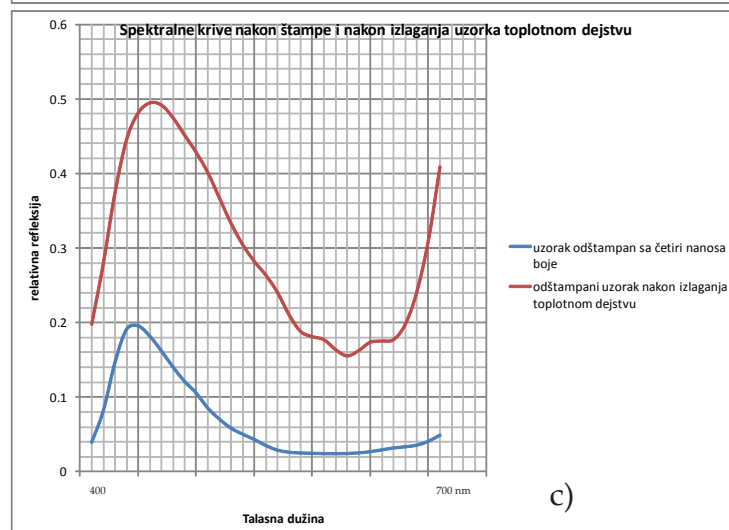
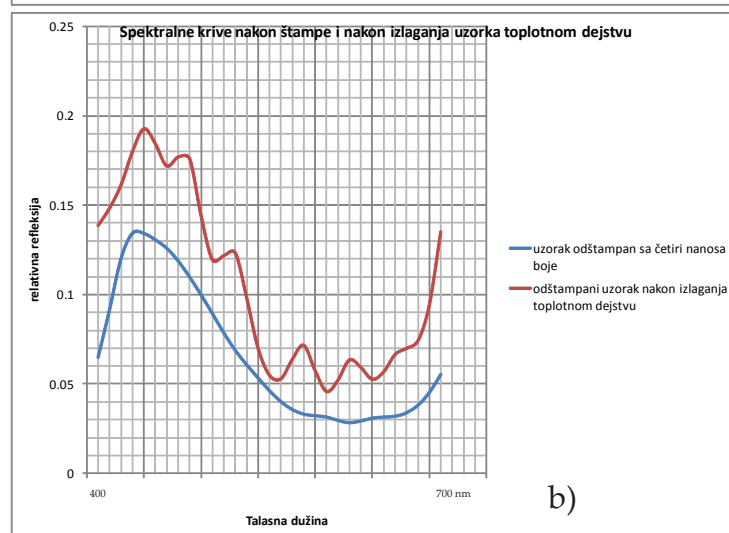
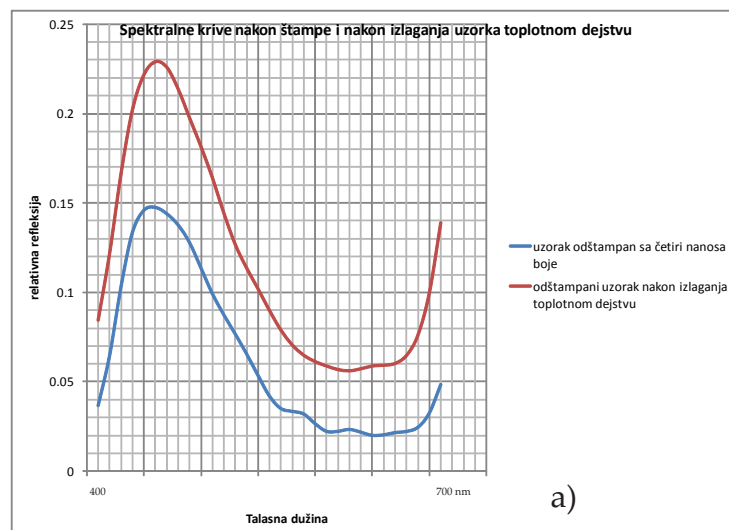
Slika P 2.3.10. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom (tri nanosa), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



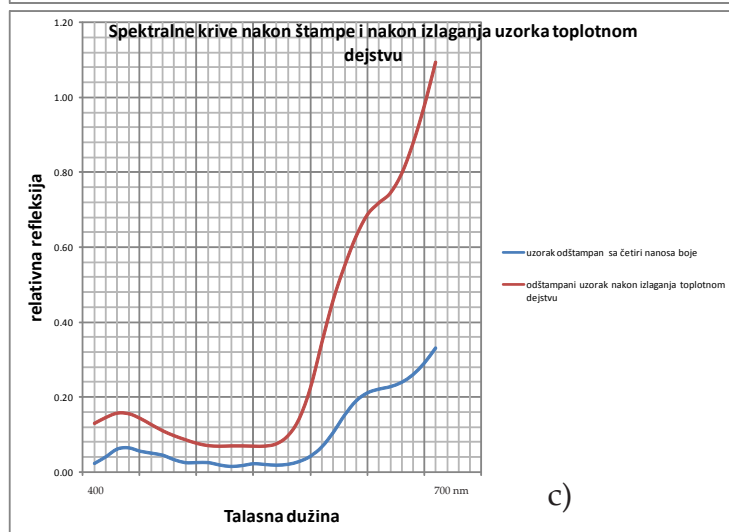
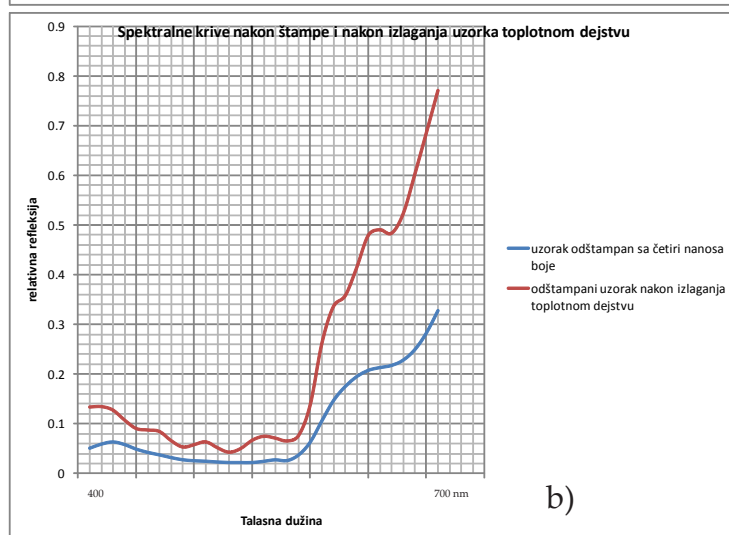
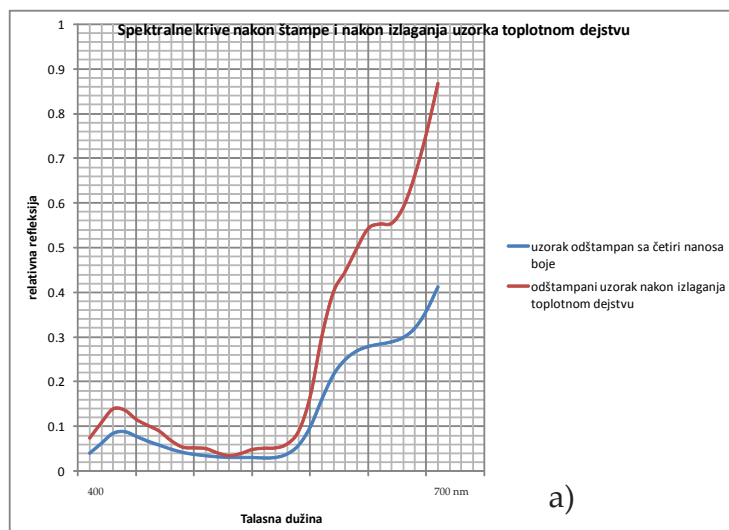
Slika P 2.3.11. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom (tri nanosa), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



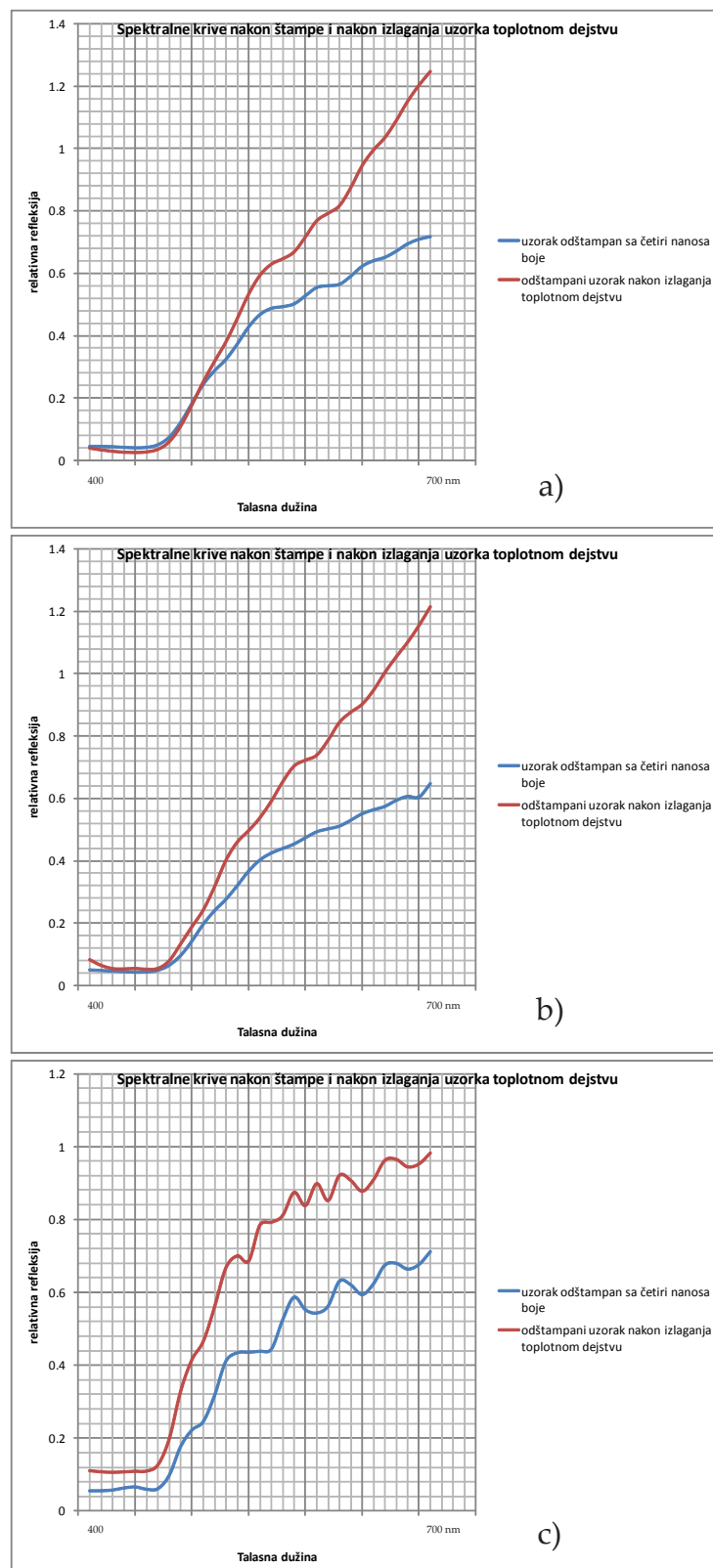
Slika P 2.3.12. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom (tri nanosa), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



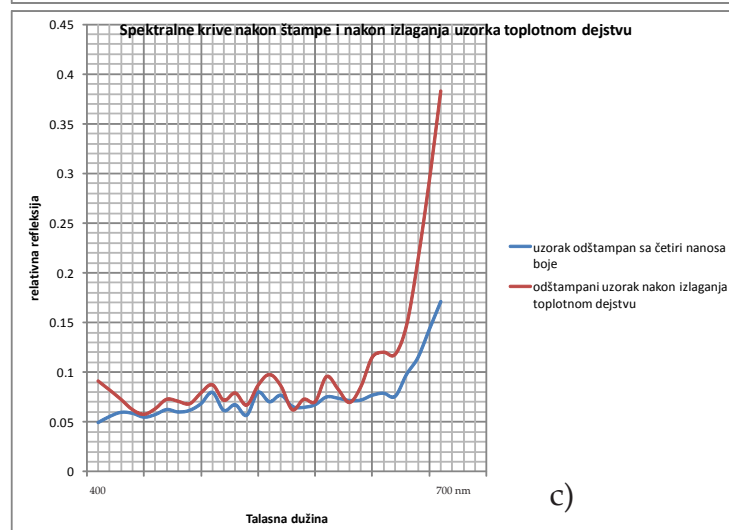
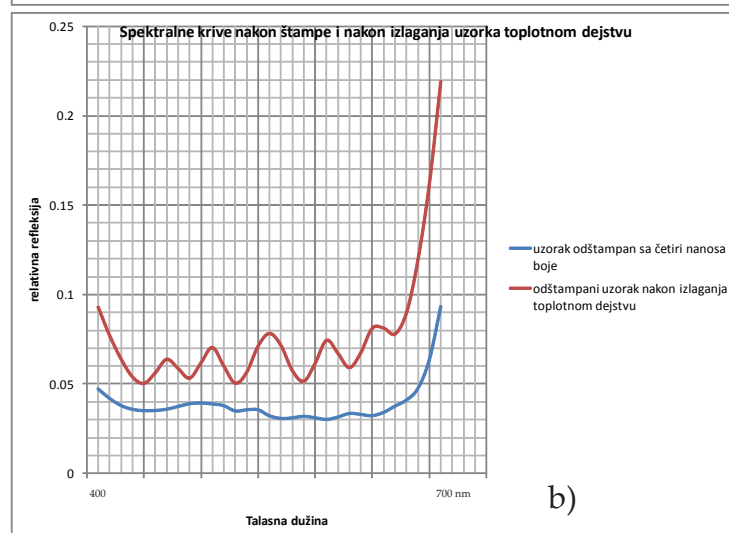
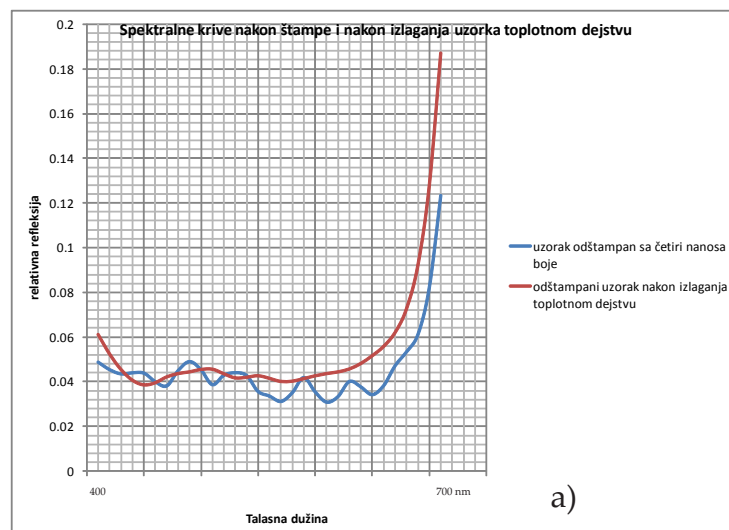
Slika P 2.3.13. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih cijan bojom (četiri nanosa), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



Slika P 2.3.14. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih magenta bojom (četiri nanosa), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



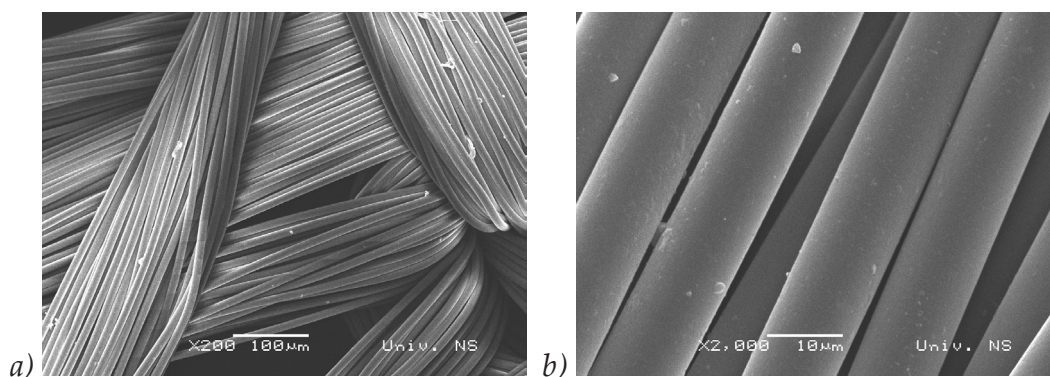
Slika P 2.3.15. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih žutom bojom (četiri nanosa), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3



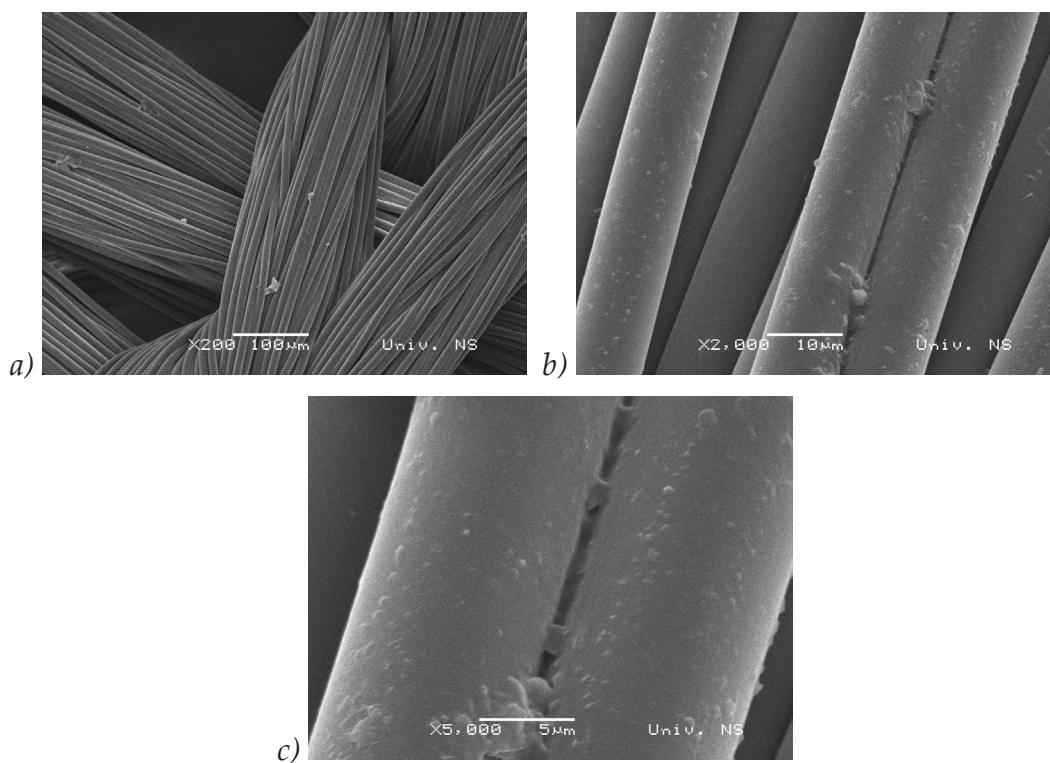
Slika P 2.3.16. Poređenje spektralnih kriva uzoraka odštampanih crnom bojom (četiri nanosa), pre i posle toplotnog dejstva: a) materijal 1, b) materijal 2, c) materijal 3

**P 3. PRILOG -
MIKROSKOPSKI SNIMCI UZORAKA**

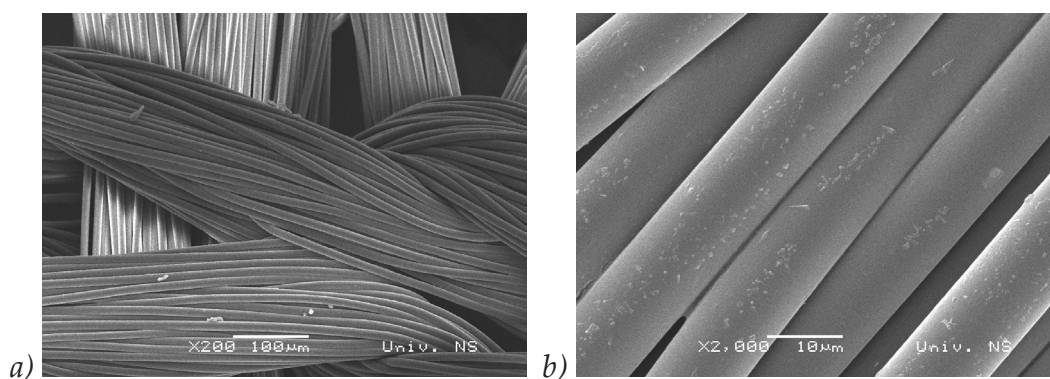
P 3. 1. SEM analiza uzoraka pre i nakon procesa štamp

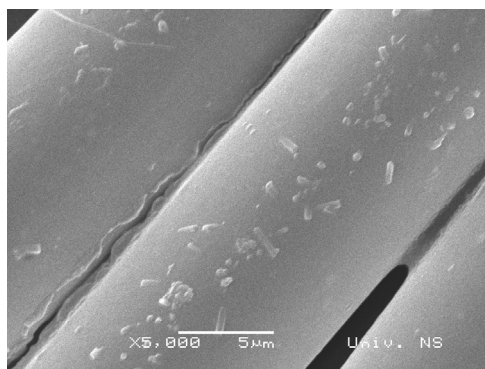


Slika P 3.1.1. Mikroskopski snimak materijala 1: a) pre štampe (200 x uvećanje), b) pre štampe (2000 x uvećanje)



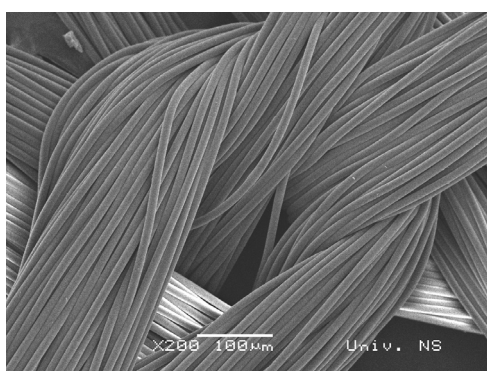
Slika P 3.1.2. Mikroskopski snimak materijala 1: a) nakon štampe sa jednim nanosom cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa jednim nanosom cijan boje (2000 x uvećanje), c) nakon štampe sa jednim nanosom cijan boje (5000 x uvećanje)



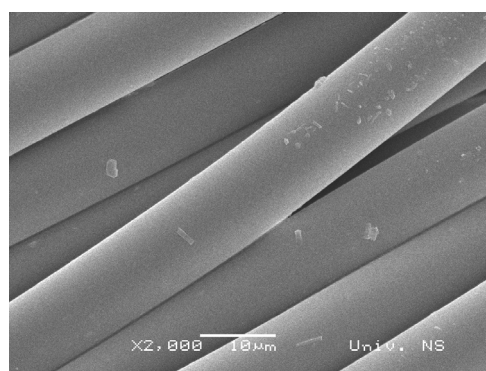


c)

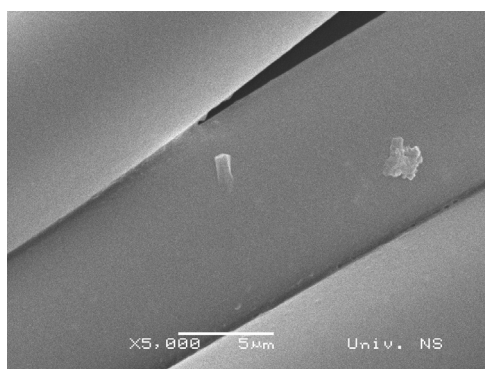
Slika P 3.1.3. Mikroskopski snimak materijala 1: a) nakon štampe sa dva nanosa cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa dva nanosa cijan boje (2000 x uvećanje), c) nakon štampe sa dva nanosa cijan boje (5000 x uvećanje)



a)

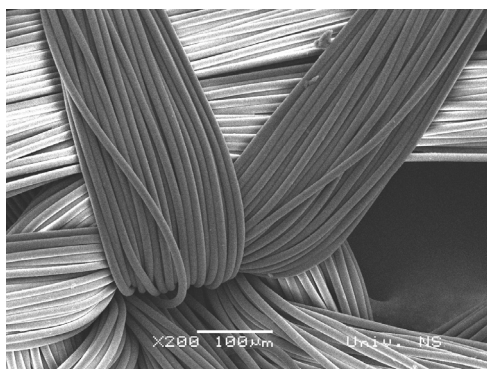


b)

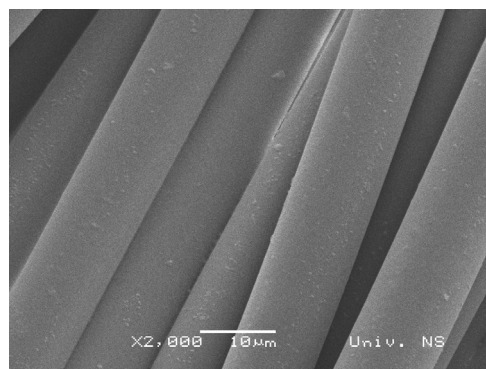


c)

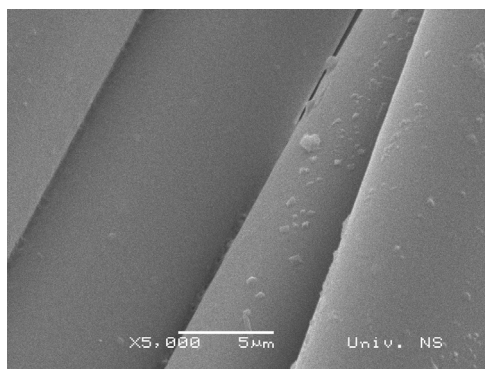
Slika P 3.1.4. Mikroskopski snimak materijala 1: a) nakon štampe sa tri nanosa cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa tri nanosa cijan boje (2000 x uvećanje), c) nakon štampe sa tri nanosa cijan boje (5000 x uvećanje)



a)

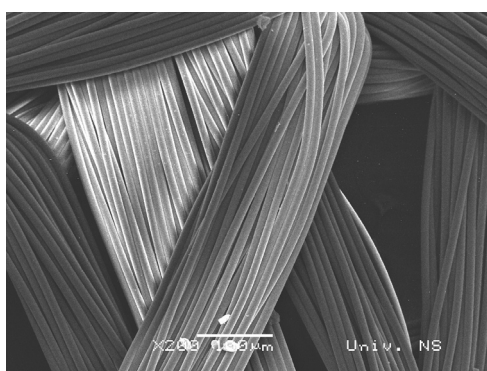


b)

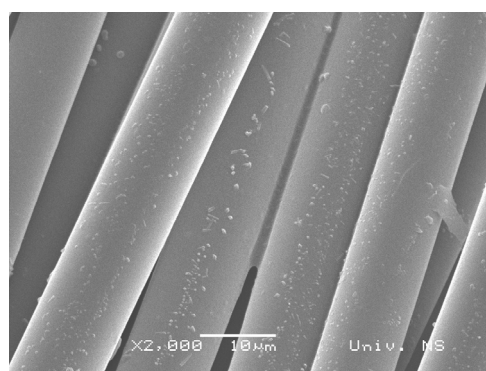


c)

Slika P 3.1.5. Mikroskopski snimak materijala 1: a) nakon štampe sa četiri nanosa cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa četiri nanosa cijan boje (2000 x uvećanje), c) nakon štampe sa četiri nanosa cijan boje (5000 x uvećanje)

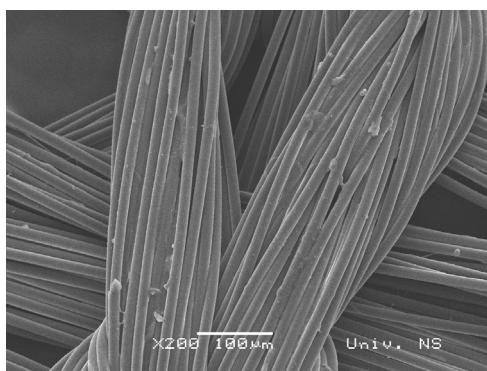


a)

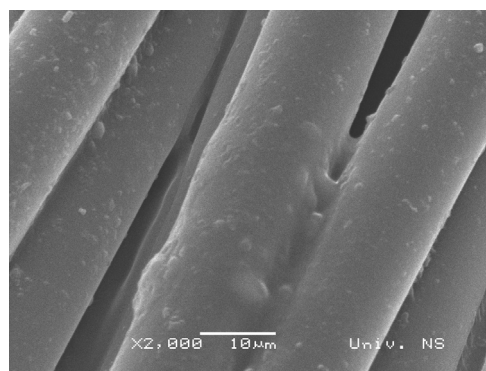


b)

Slika P 3.1.6. Mikroskopski snimak materijala 1: a) nakon štampe sa pet nanosa cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa pet nanosa cijan boje (2000 x uvećanje)

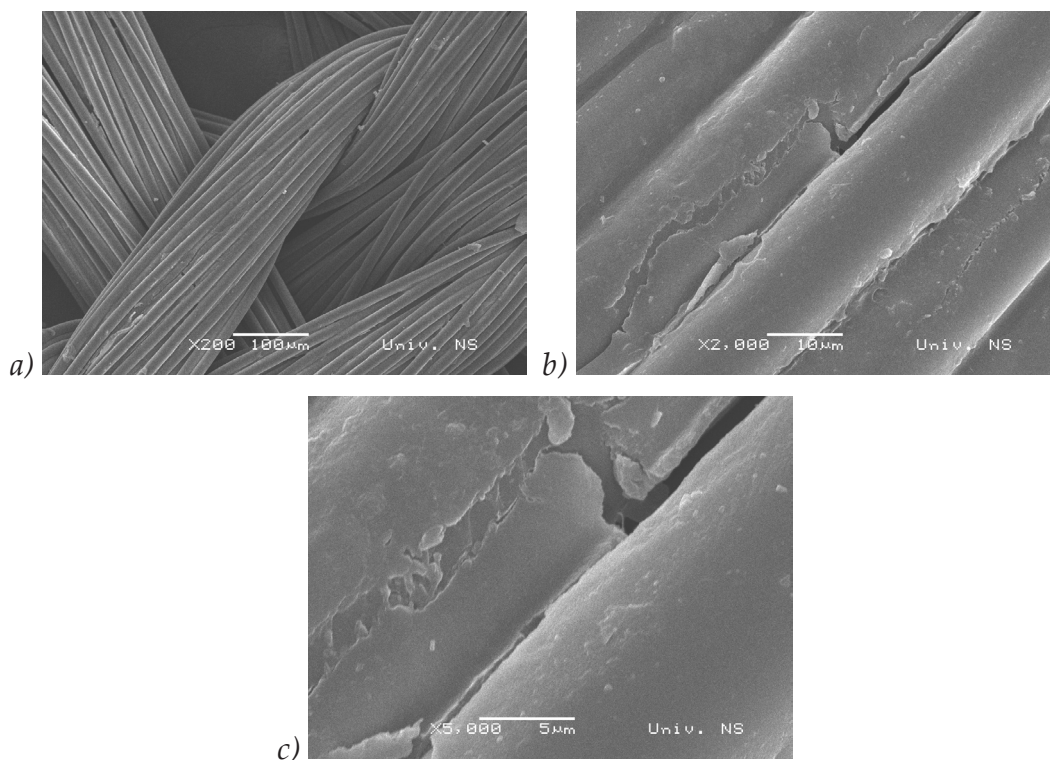


a)

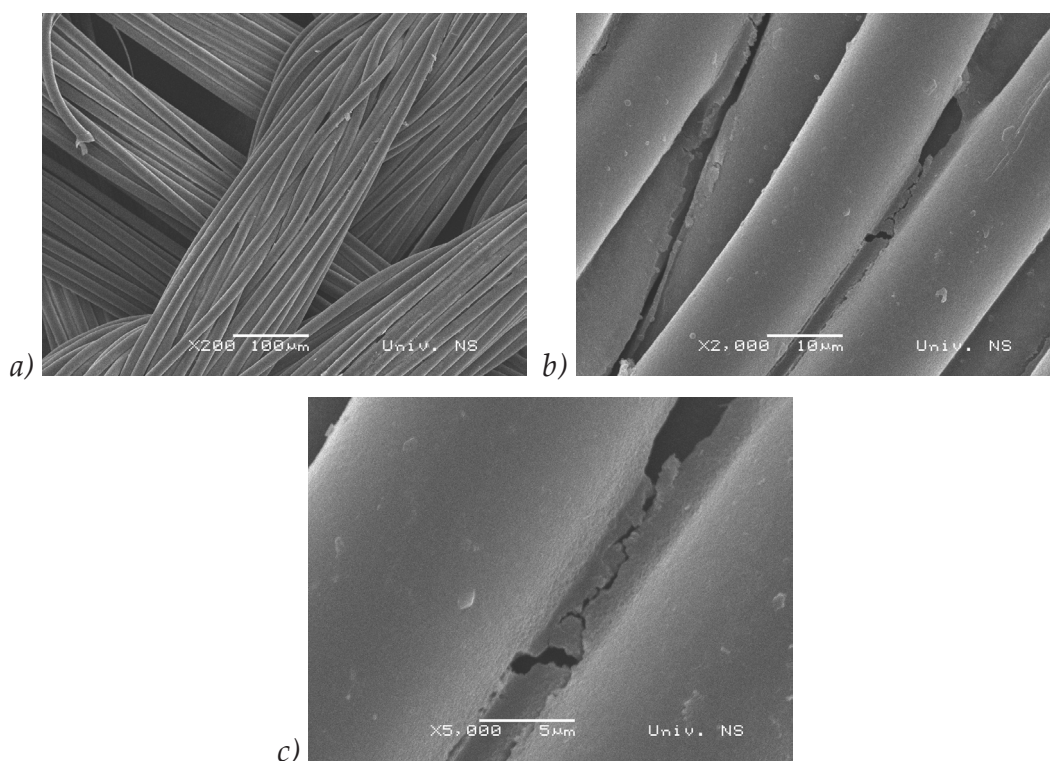


b)

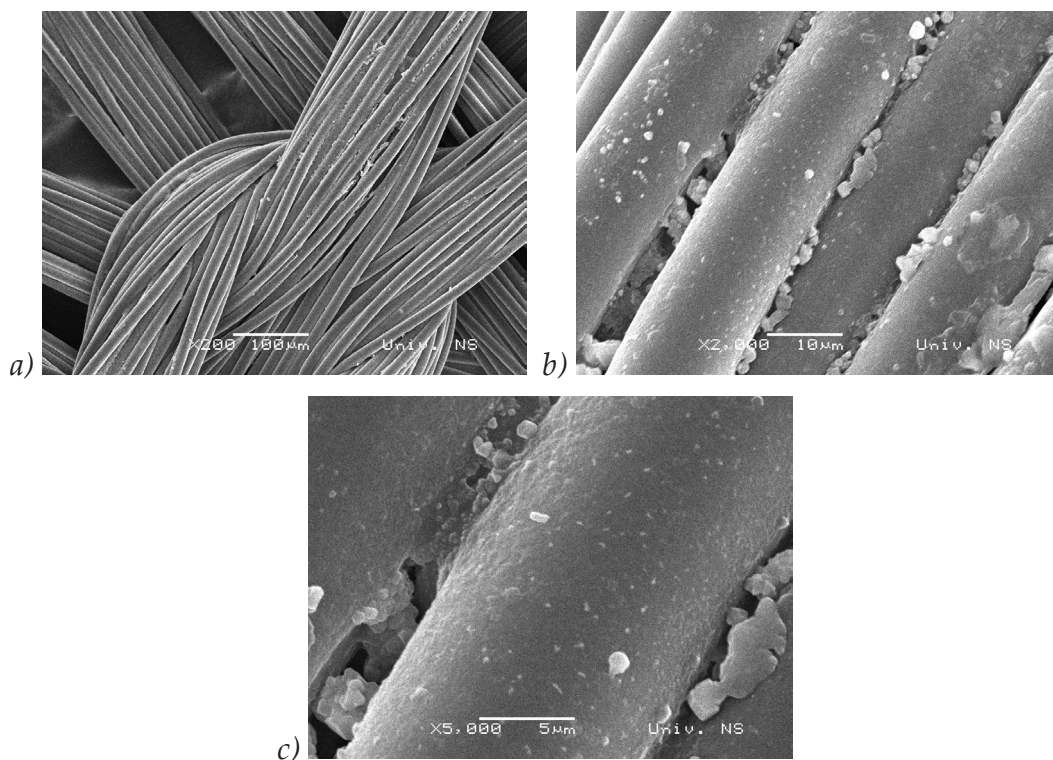
Slika P 3.1.7. Mikroskopski snimak materijala 2: a) pre štampe (200 x uvećanje), b) pre štampe (2000 x uvećanje)



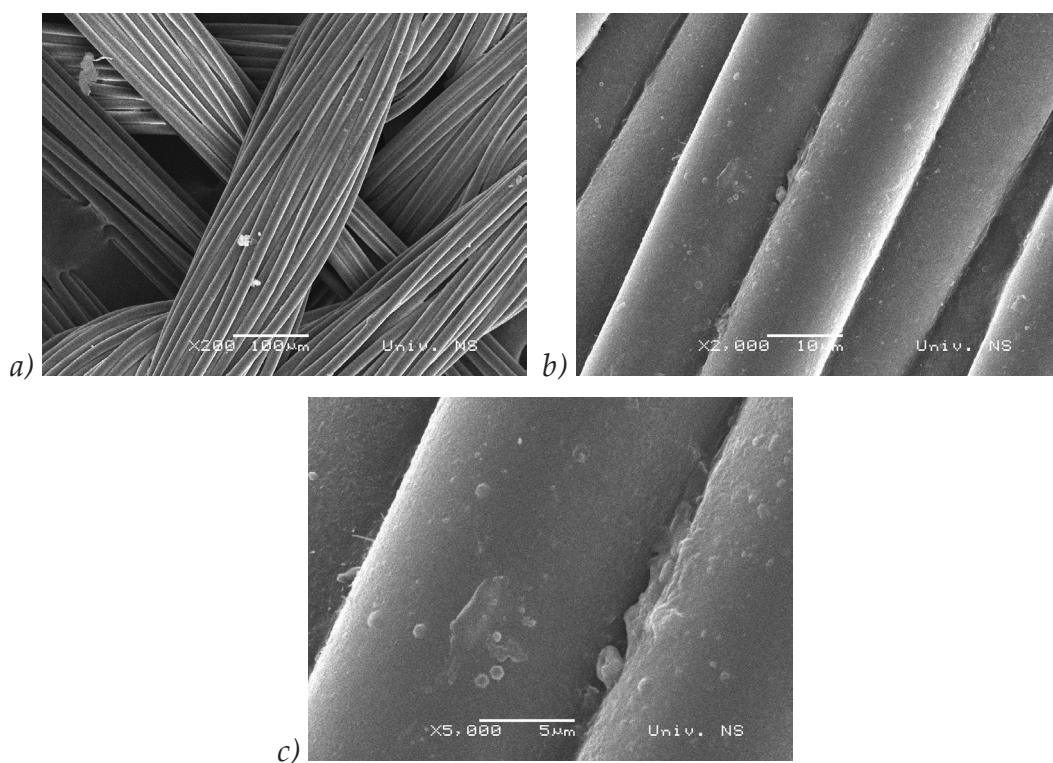
Slika P 3.1.8. Mikroskopski snimak materijala 2: a) nakon štampe sa jednim nanosom cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa jednim nanosom cijan boje (2000 x uvećanje), c) nakon štampe sa jednim nanosom cijan boje (5000 x uvećanje)



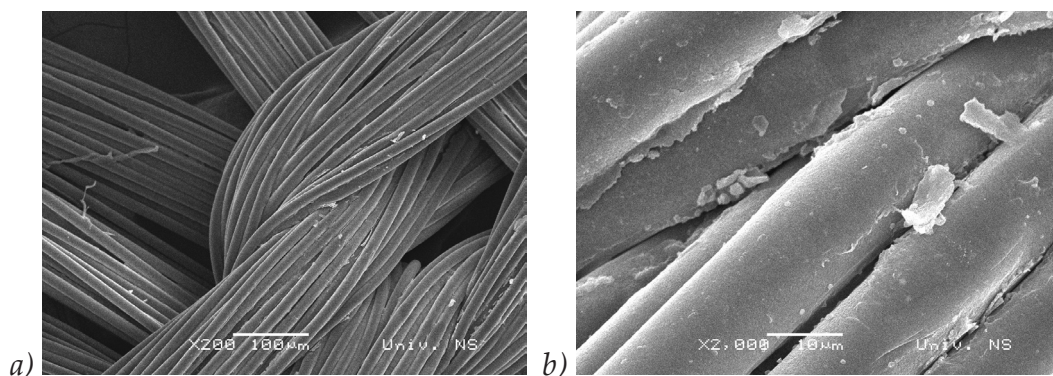
Slika P 3.1.9. Mikroskopski snimak materijala 2: a) nakon štampe sa dva nanosa cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa dva nanosa cijan boje (2000 x uvećanje), c) nakon štampe sa dva nanosa cijan boje (5000 x uvećanje)



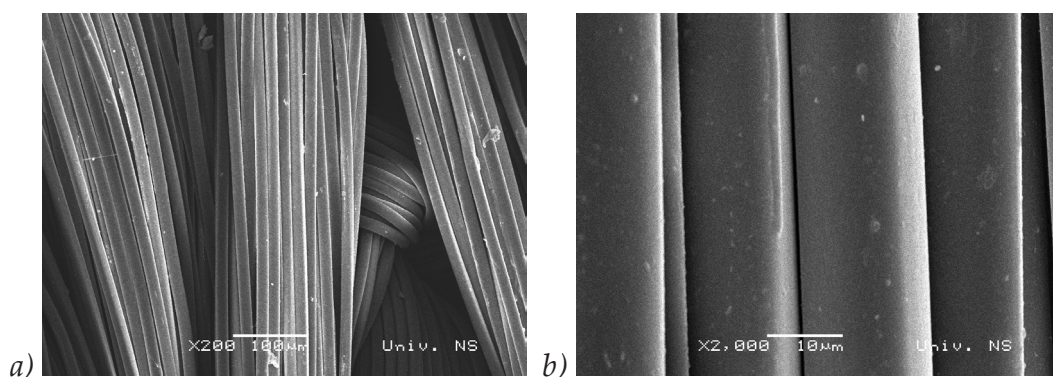
Slika P 3.1.10. Mikroskopski snimak materijala 2: a) nakon štampe sa tri nanosa cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa tri nanosa cijan boje (2000 x uvećanje), c) nakon štampe sa tri nanosa cijan boje (5000 x uvećanje)



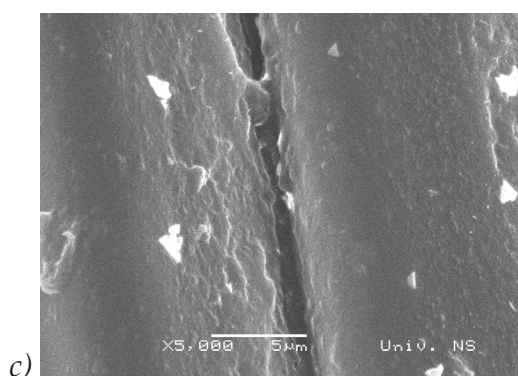
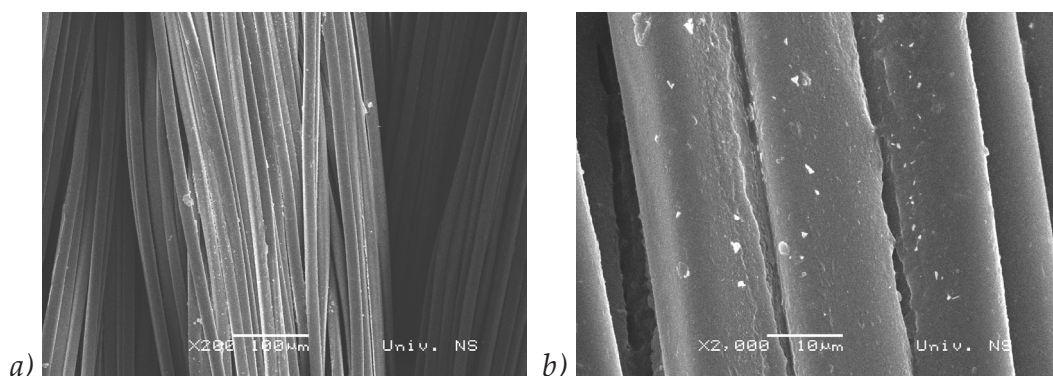
Slika P 3.1.11. Mikroskopski snimak materijala 2: a) nakon štampe sa četiri nanosa cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa četiri nanosa cijan boje (2000 x uvećanje), c) nakon štampe sa četiri nanosa cijan boje (5000 x uvećanje)



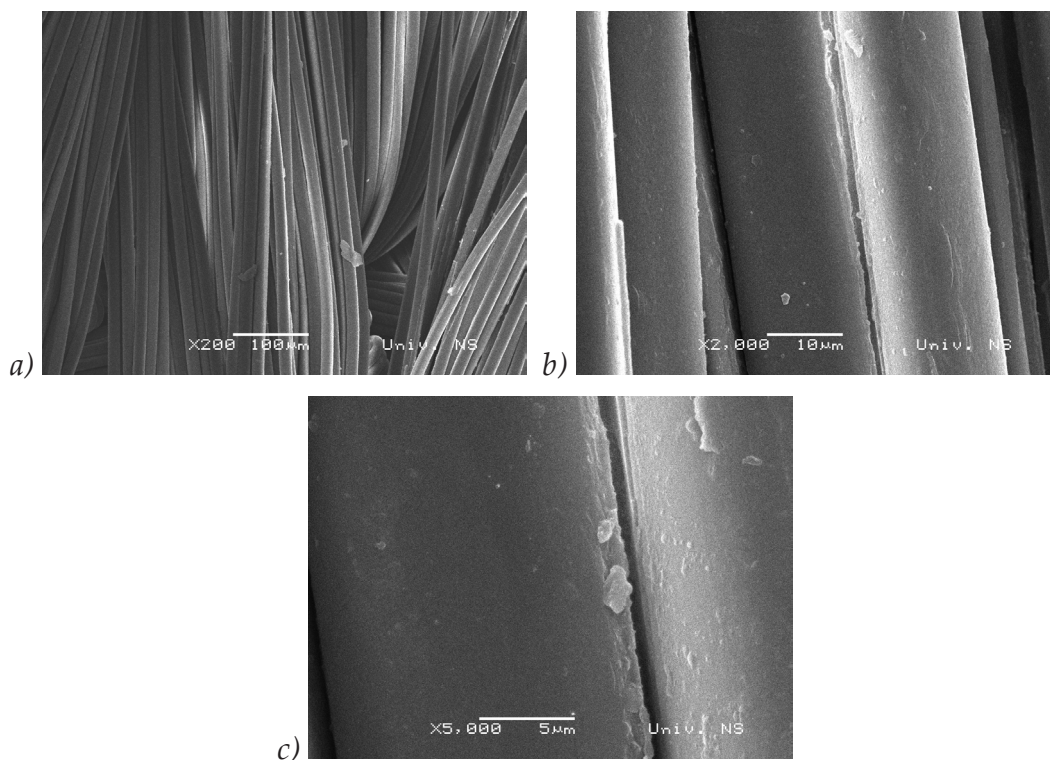
Slika P 3.1.12. Mikroskopski snimak materijala 2: a) nakon štampe sa pet nanosa cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa pet nanosa cijan boje (2000 x uvećanje)



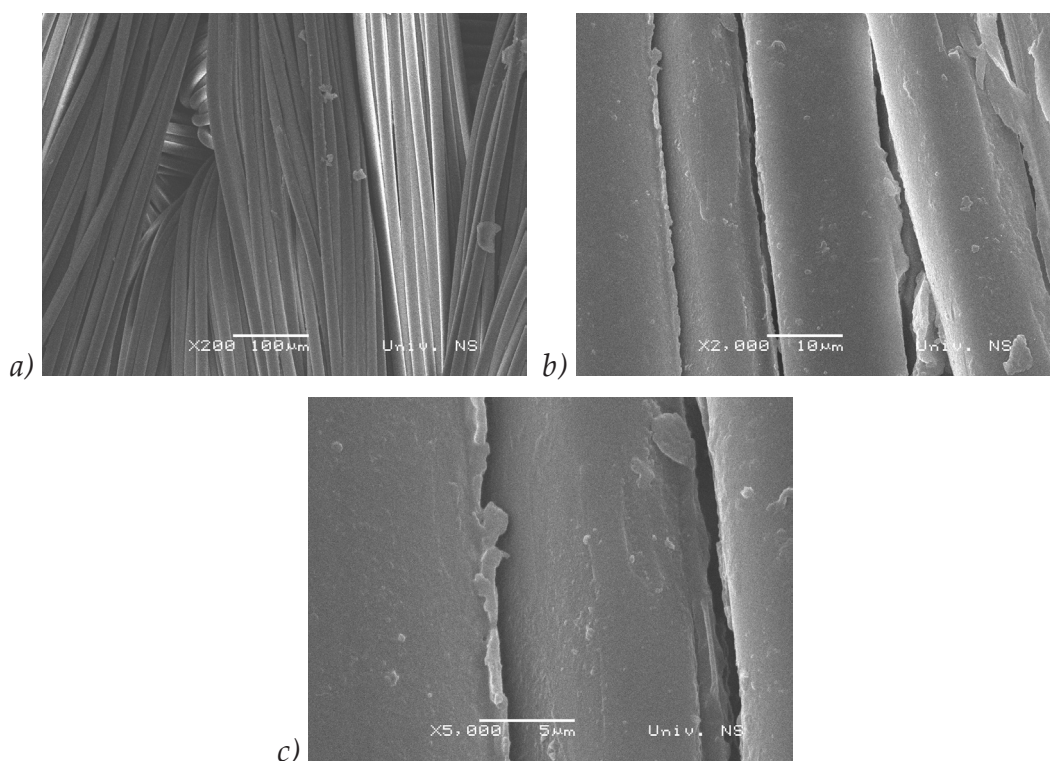
Slika P 3.1.13. Mikroskopski snimak materijala 3: a) pre štampe (200 x uvećanje), b) pre štampe (2000 x uvećanje)



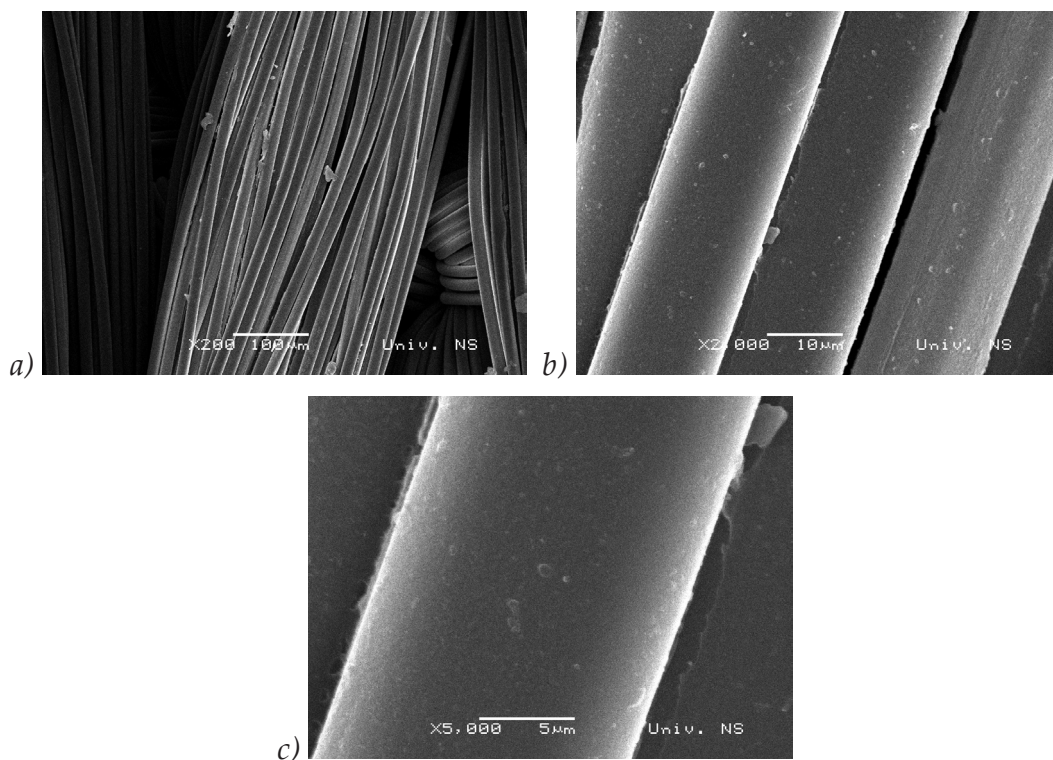
Slika P 3.1.14. Mikroskopski snimak materijala 3: a) nakon štampe sa jednim nanosom cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa jednim nanosom cijan boje (2000 x uvećanje), c) nakon štampe sa jednim nanosom cijan boje (5000 x uvećanje)



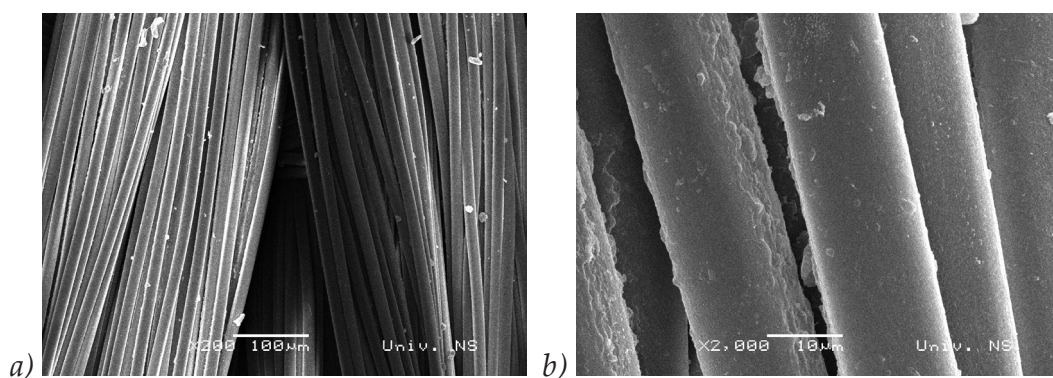
Slika P 3.1.15. Mikroskopski snimak materijala 3: a) nakon štampe sa dva nanosa cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa dva nanosa cijan boje (2000 x uvećanje), c) nakon štampe sa dva nanosa cijan boje (5000 x uvećanje)



Slika P 3.1.16. Mikroskopski snimak materijala 3: a) nakon štampe sa tri nanosa cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa tri nanosa cijan boje (2000 x uvećanje), c) nakon štampe sa tri nanosa cijan boje (5000 x uvećanje)

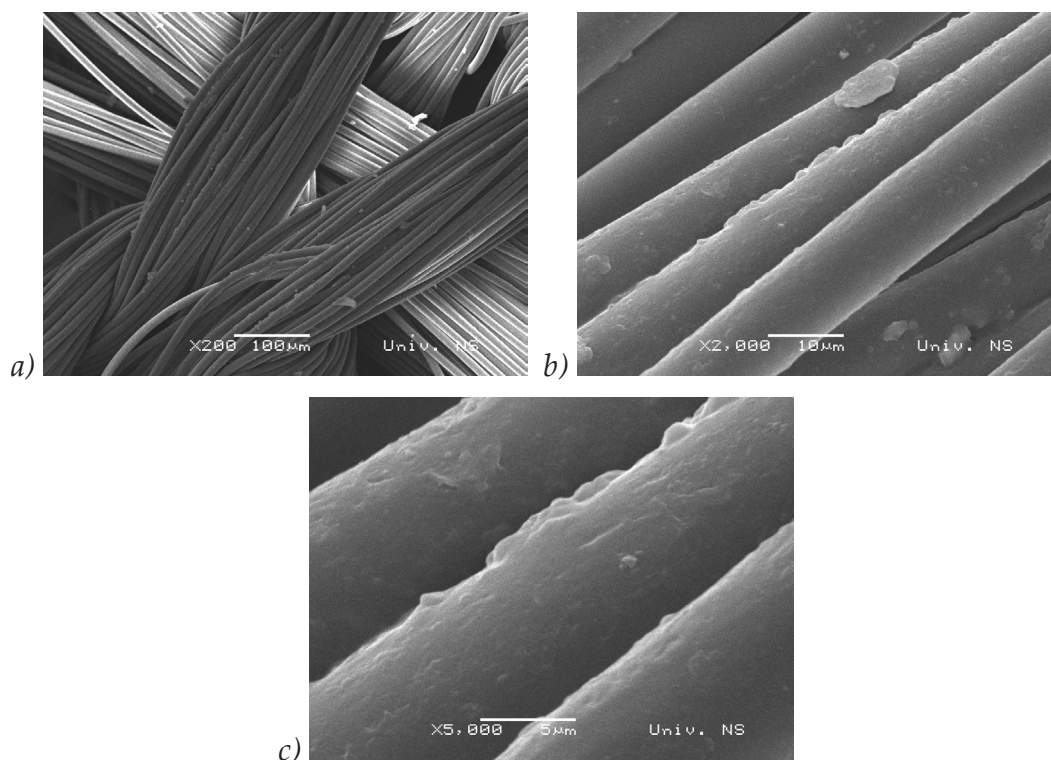


Slika P 3.1.17. Mikroskopski snimak materijala 3: a) nakon štampe sa četiri nanosa cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa četiri nanosa cijan boje (2000 x uvećanje), c) nakon štampe sa četiri nanosa cijan boje (5000 x uvećanje)

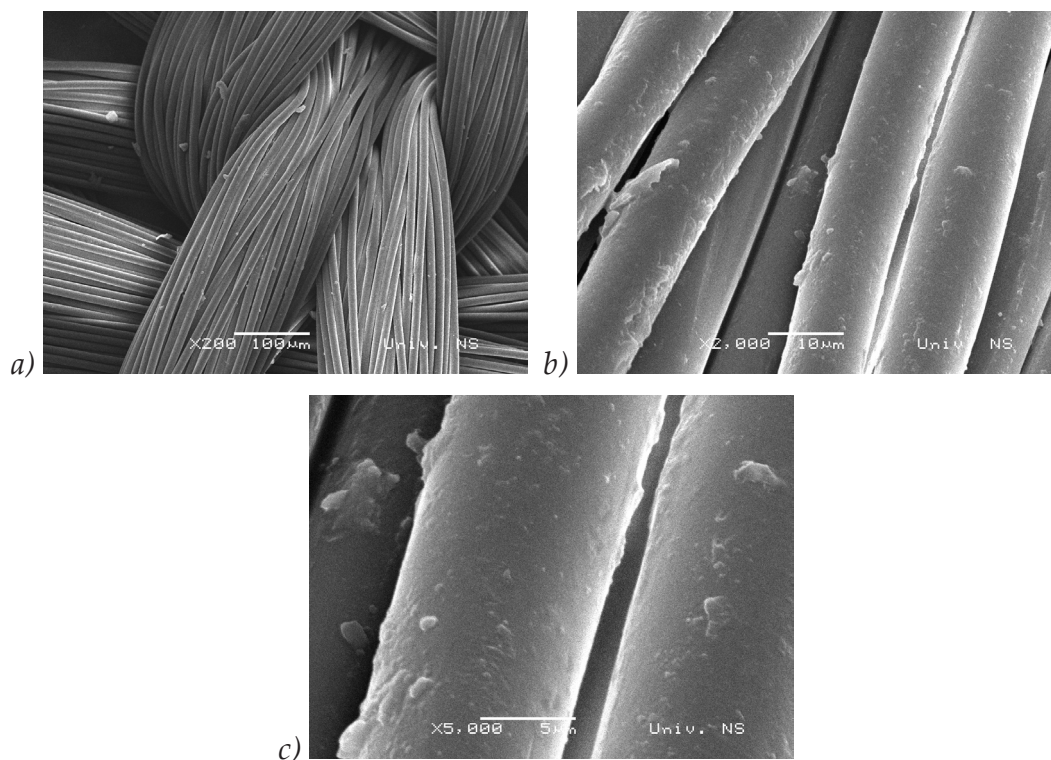


Slika P 3.1.18. Mikroskopski snimak materijala 3: a) nakon štampe sa pet nanosa cijan boje (200 x uvećanje), b) nakon štampe sa pet nanosa cijan boje (2000 x uvećanje)

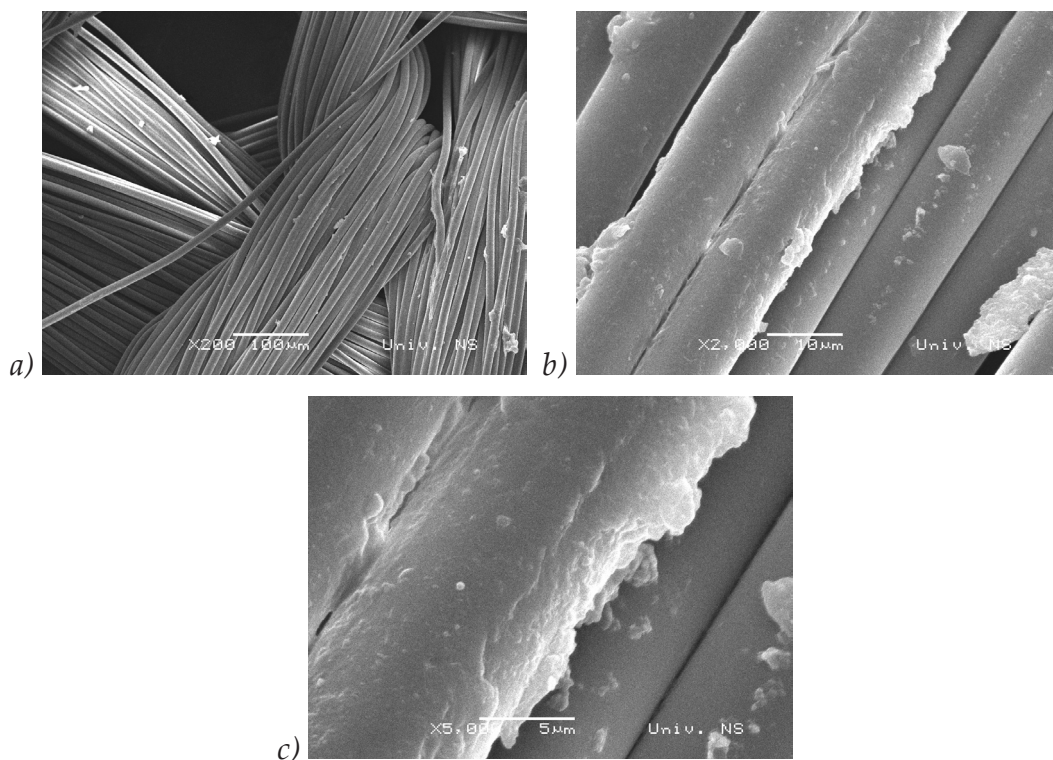
P 3.2. SEM analiza uzoraka nakon izlaganja svetlosti



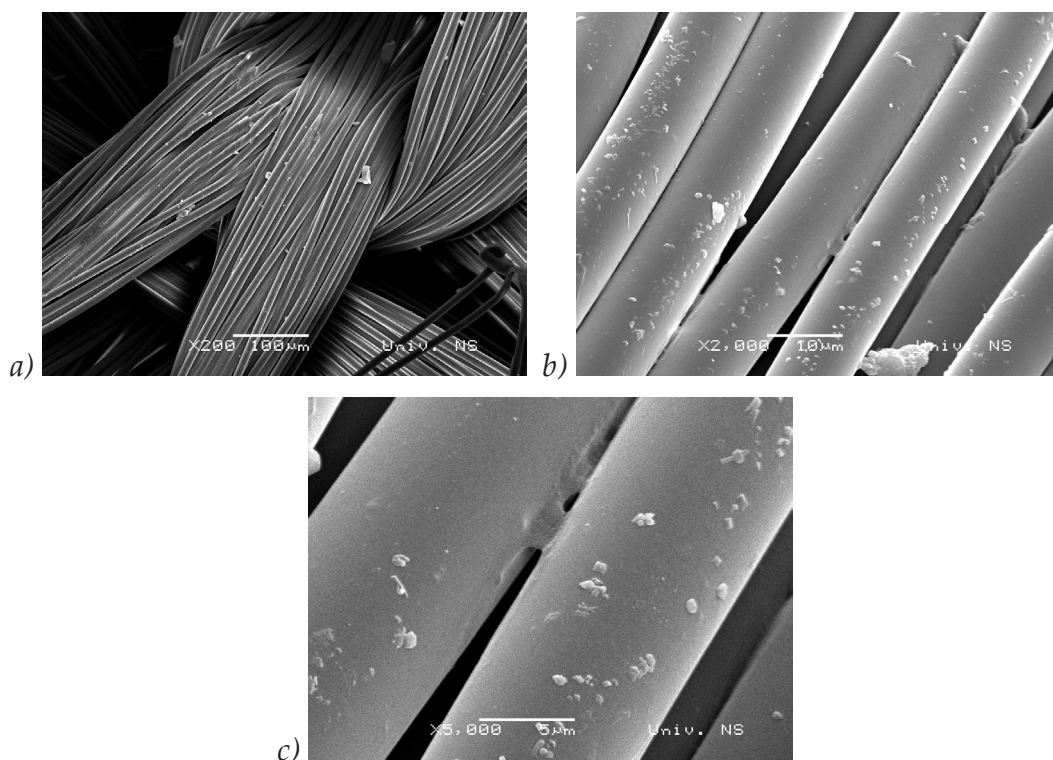
Slika P 3.2.1. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa jednim nanosom boje - materijal 1: a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (5000 x uvećanje)



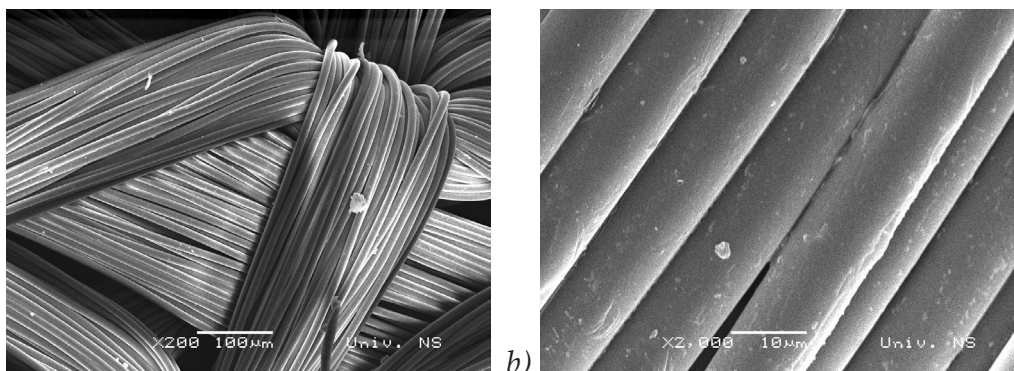
Slika P 3.2.2. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa dva nanosa boje - materijal 1: a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (5000 x uvećanje)



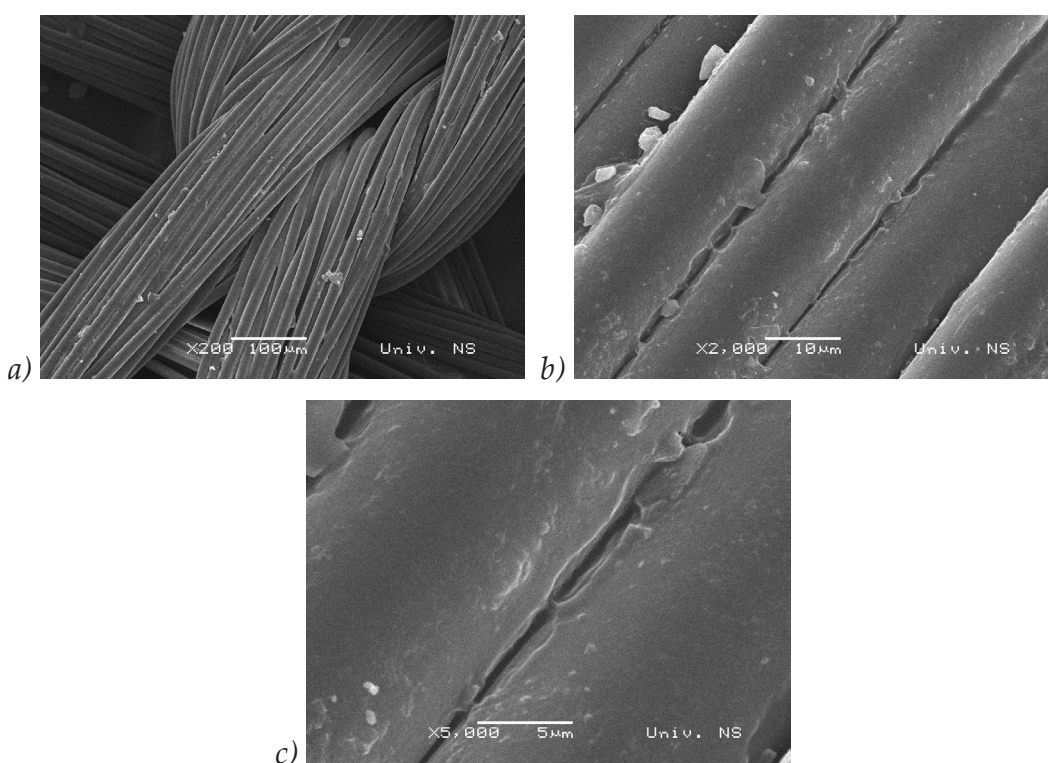
Slika P 3.2.3. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa tri nanosa boje - materijal 1:
a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje),
b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje),
c) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (5000 x uvećanje)



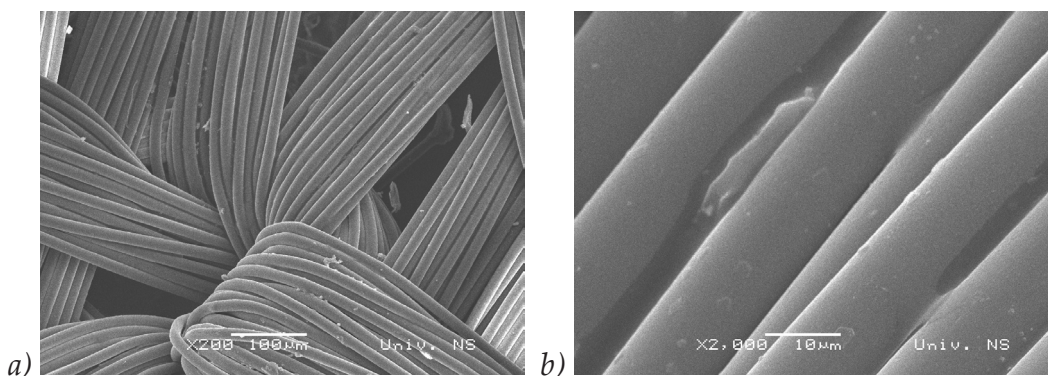
Slika P 3.2.4. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa četiri nanosa boje - materijal 1:
a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje),
b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje),
c) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (5000 x uvećanje)

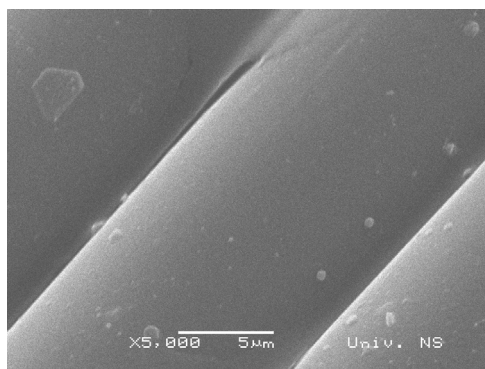


Slika P 3.2.5. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa pet nanosa boje - materijal 1:
 a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje),
 b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje)



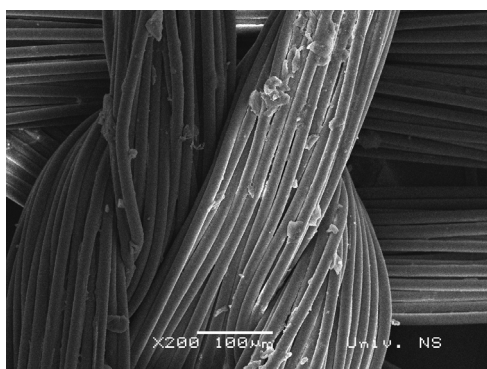
Slika P 3.2.6. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa jednim nanosom boje - materijal 2:
 a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje),
 b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje),
 c) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (5000 x uvećanje)



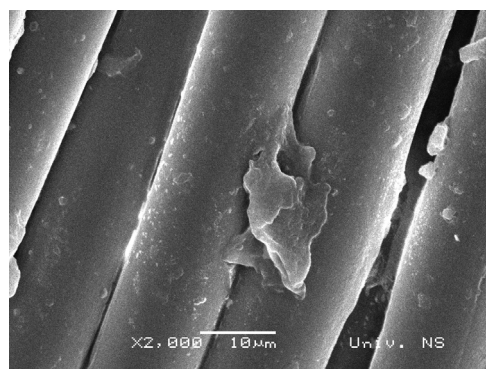


c)

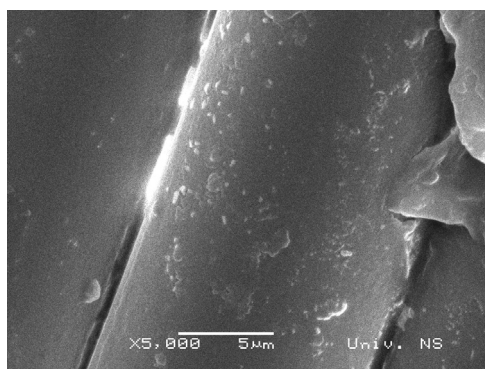
Slika P 3.2.7. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa dva nanosa boje - materijal 2:
 a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje),
 b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje),
 c) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (5000 x uvećanje)



a)

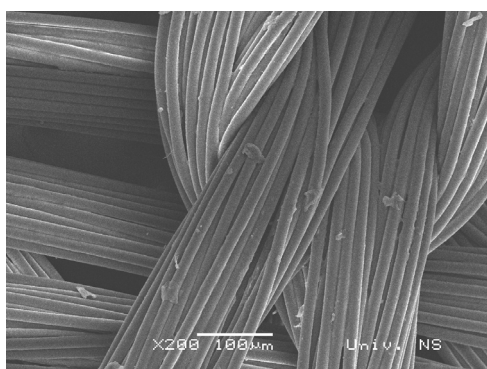


b)

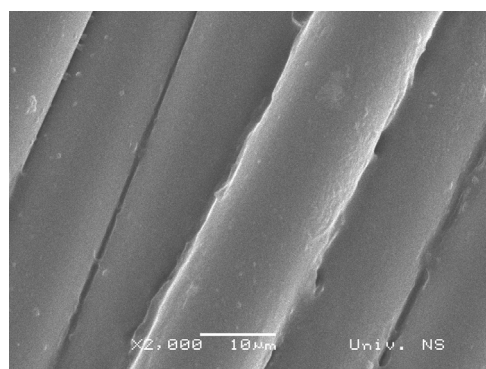


c)

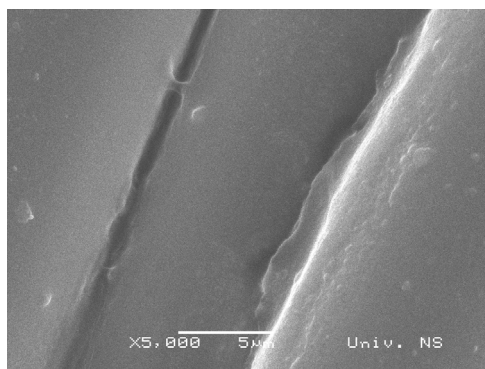
Slika P 3.2.8. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa tri nanosa boje - materijal 2:
 a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje),
 b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje),
 c) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (5000 x uvećanje)



a)

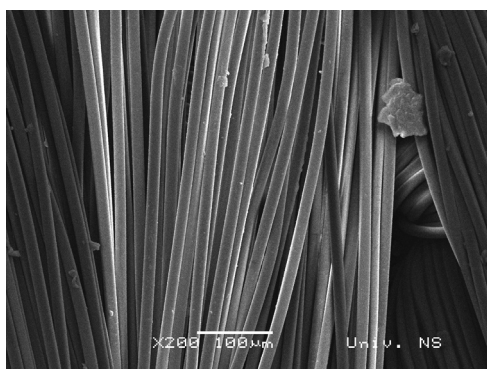


b)

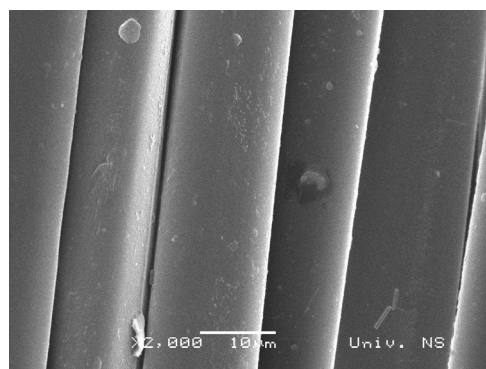


c)

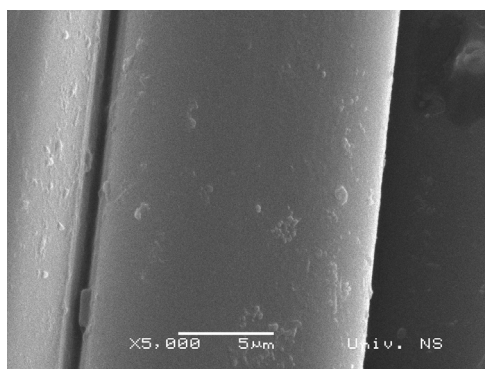
Slika P 3.2.9. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa četiri nanosa boje - materijal 2:
 a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje),
 b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje),
 c) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (5000 x uvećanje)



a)

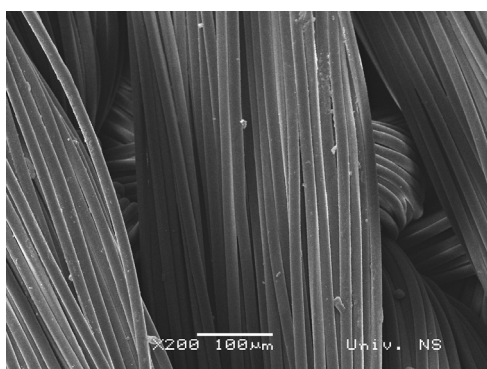


b)

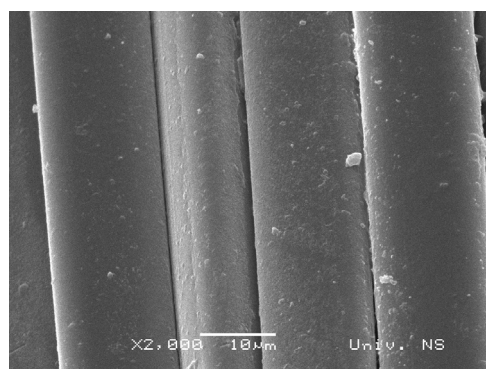


c)

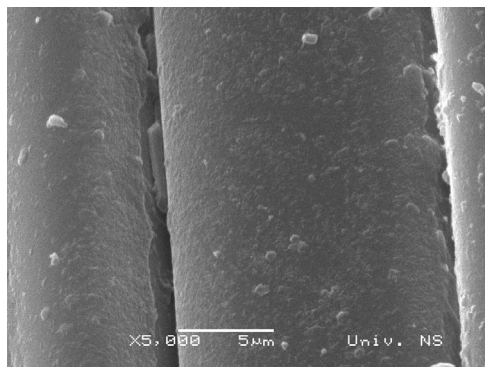
Slika P 3.2.10. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa jednim nanosom boje - materijal 3:
 a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje),
 b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje),
 c) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (5000 x uvećanje)



a)

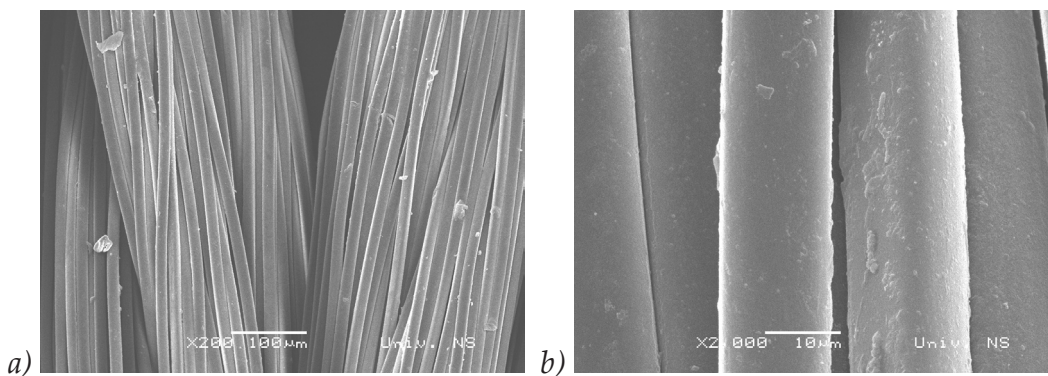


b)



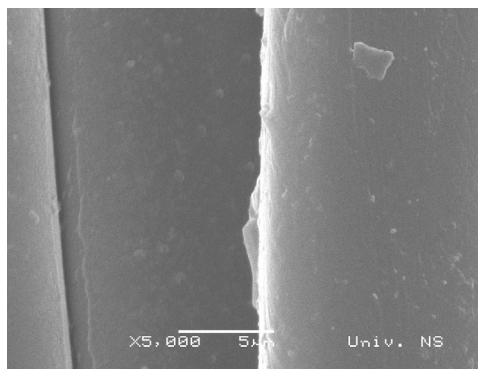
c)

Slika P 3.2.11. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa dva nanosa boje - materijal 3:
 a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje),
 b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje),
 c) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (5000 x uvećanje)



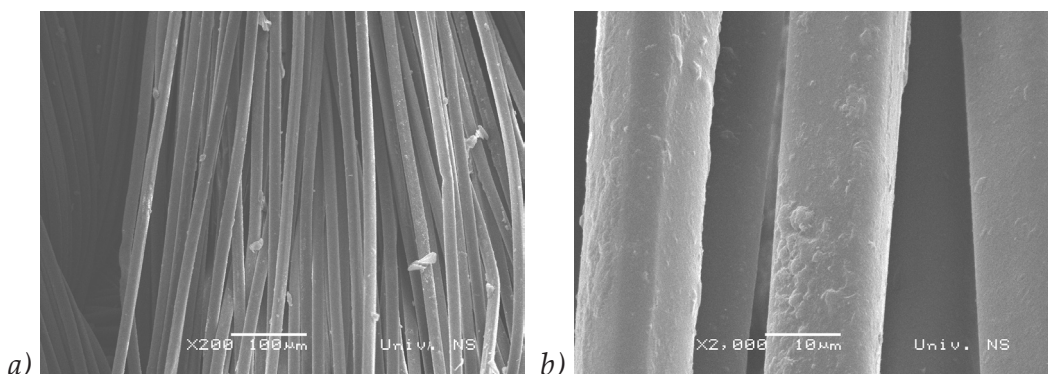
a)

b)



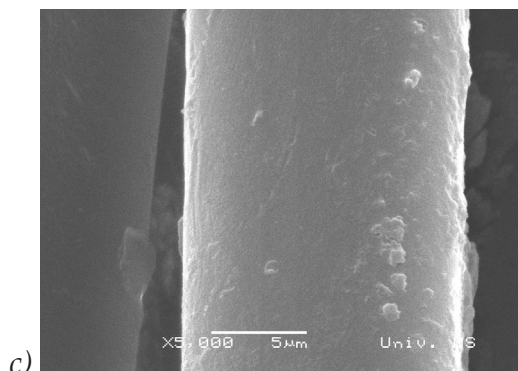
c)

Slika P 3.2.12. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa tri nanosa boje - materijal 3:
 a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje),
 b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje),
 c) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (5000 x uvećanje)

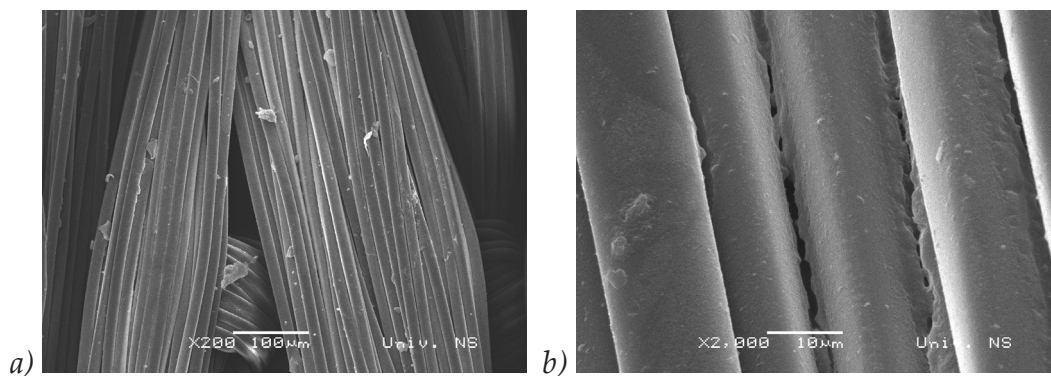


a)

b)

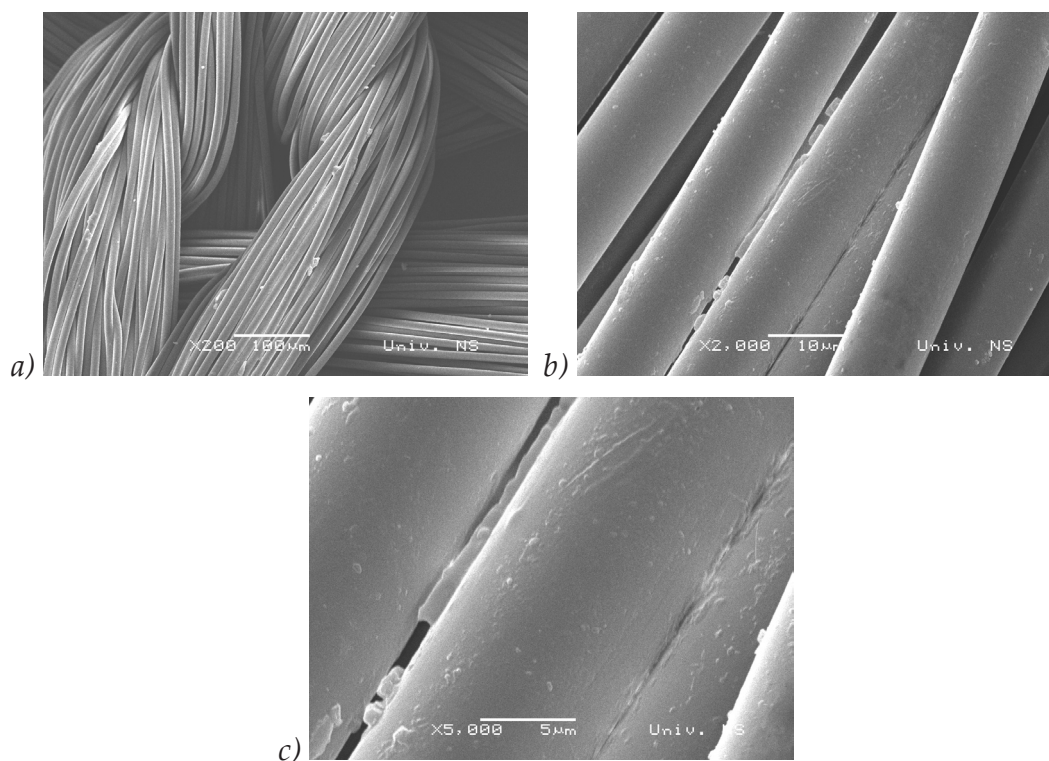


c) Slika P 3.2.13. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa četiri nanosa boje - materijal 3: a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (5000 x uvećanje)

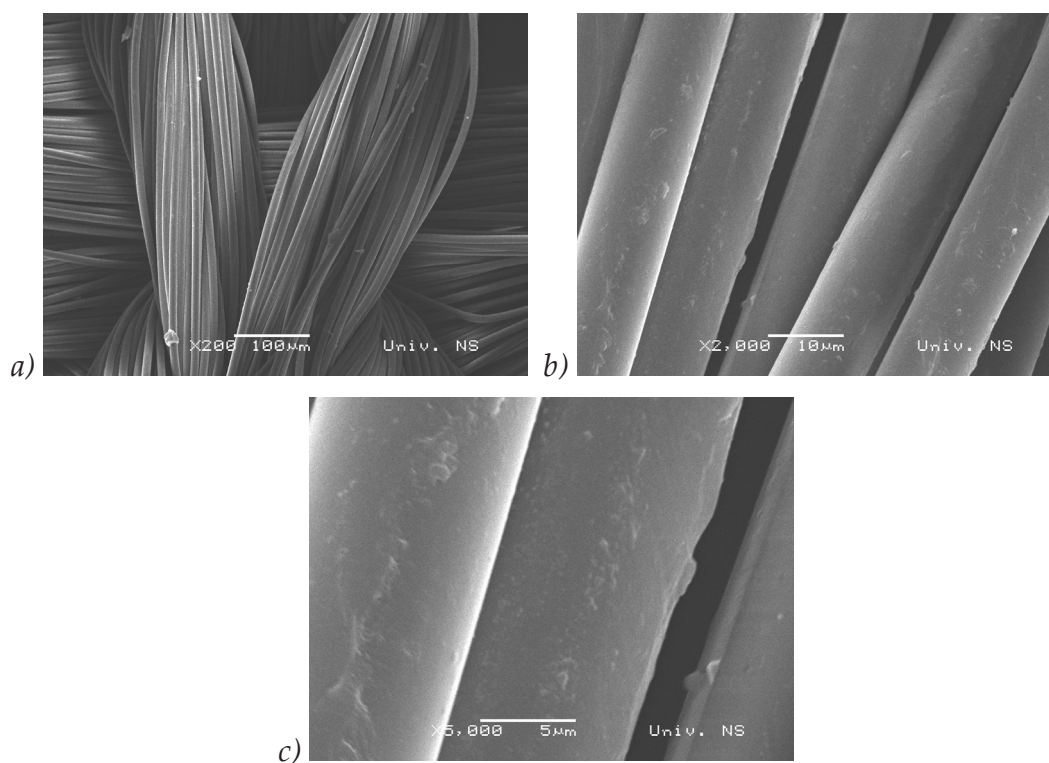


a) b) Slika P 3.2.14. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje - materijal 3: a) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja svetlosti i simuliranim vremenskim prilikama (2000 x uvećanje)

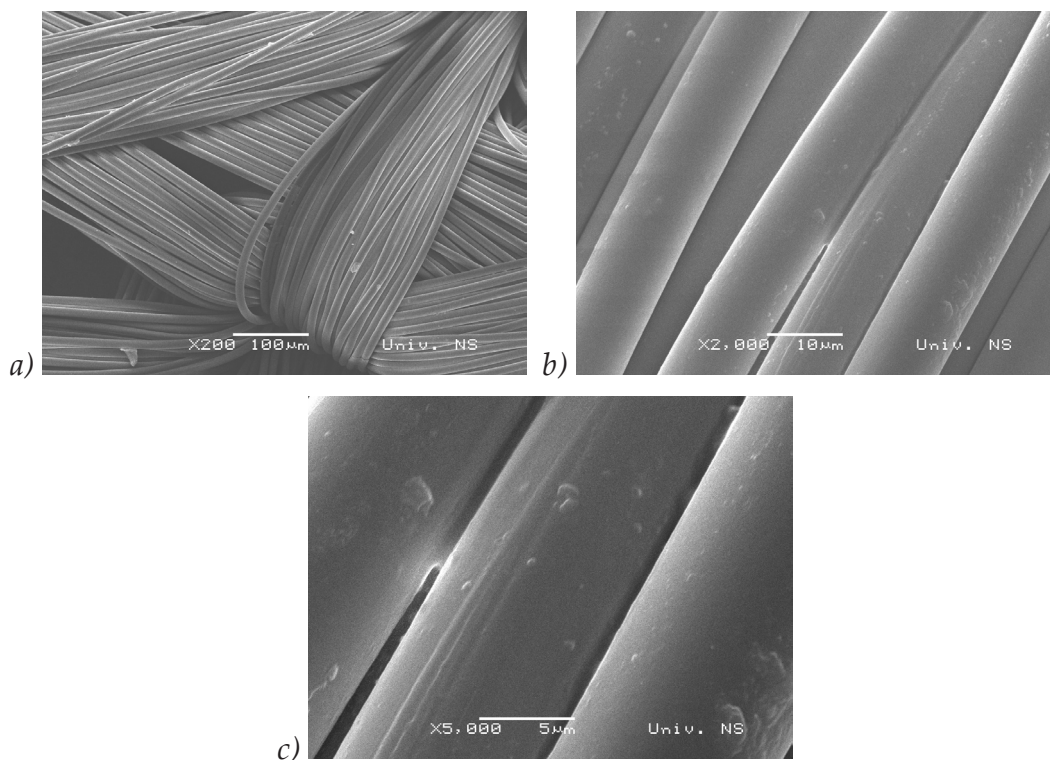
P 3.3. SEM analiza uzoraka nakon procesa pranja



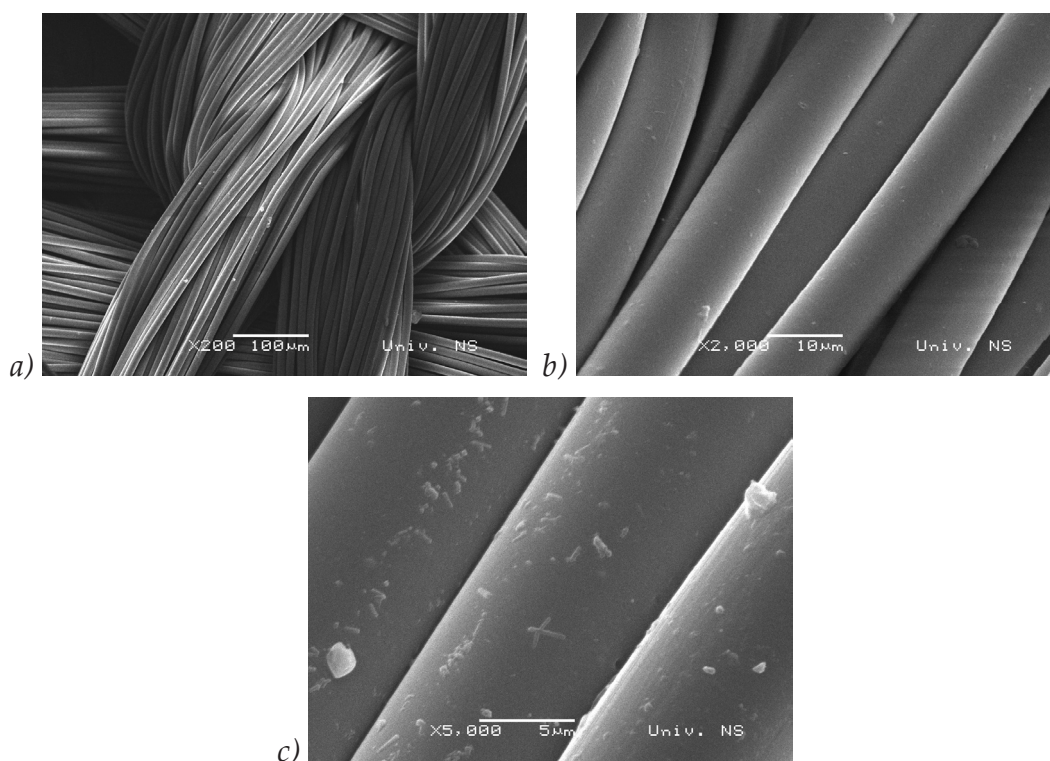
Slika P 3.3.1. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa jednim nanosom boje - materijal 1: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja procesu pranja (5000 x uvećanje)



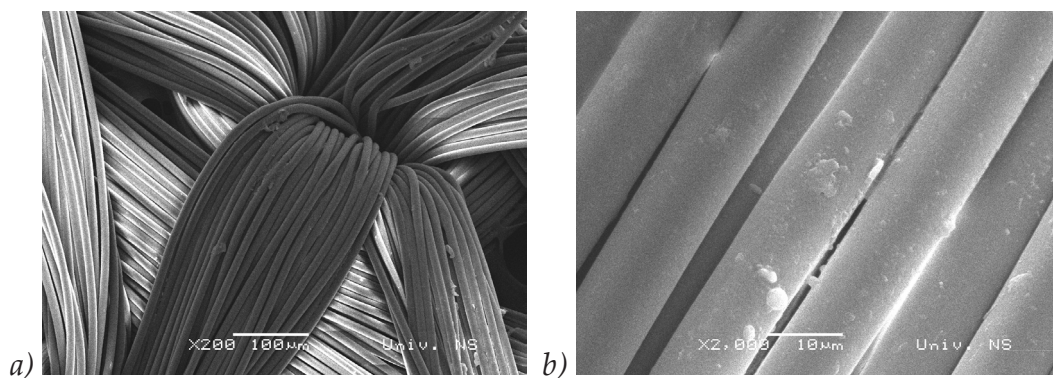
Slika P 3.3.2. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa dva nanosa boje - materijal 1: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja procesu pranja (5000 x uvećanje)



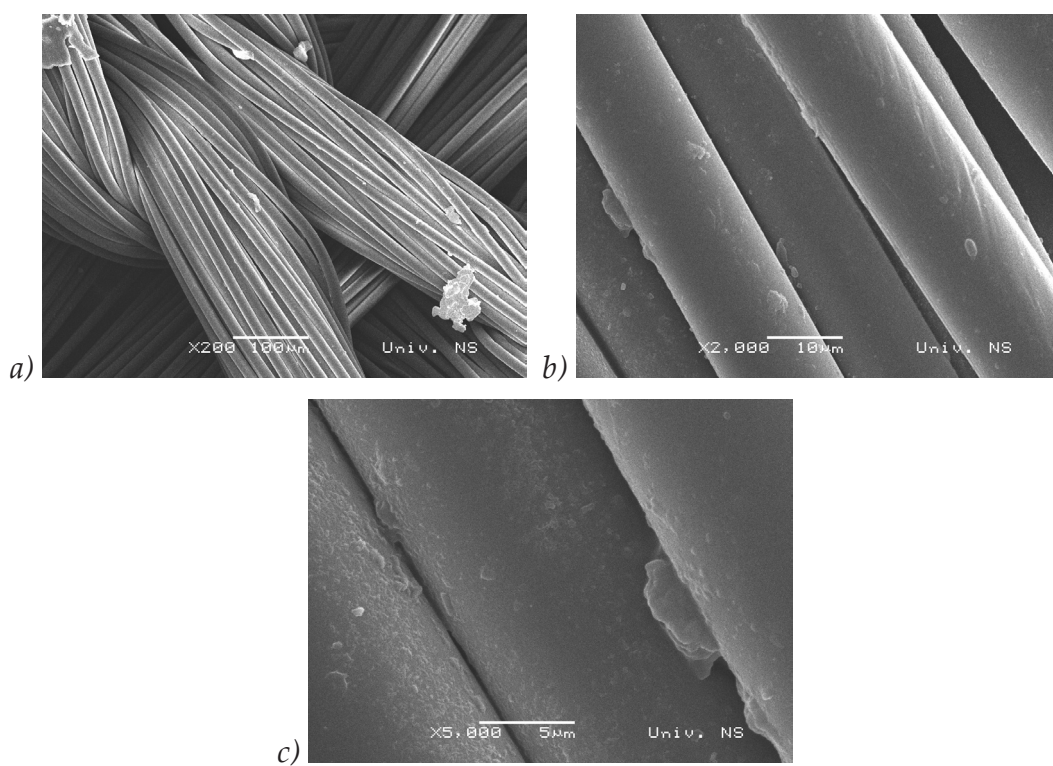
Slika P 3.3.3. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa tri nanosa boje - materijal 1: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja procesu pranja (5000 x uvećanje)



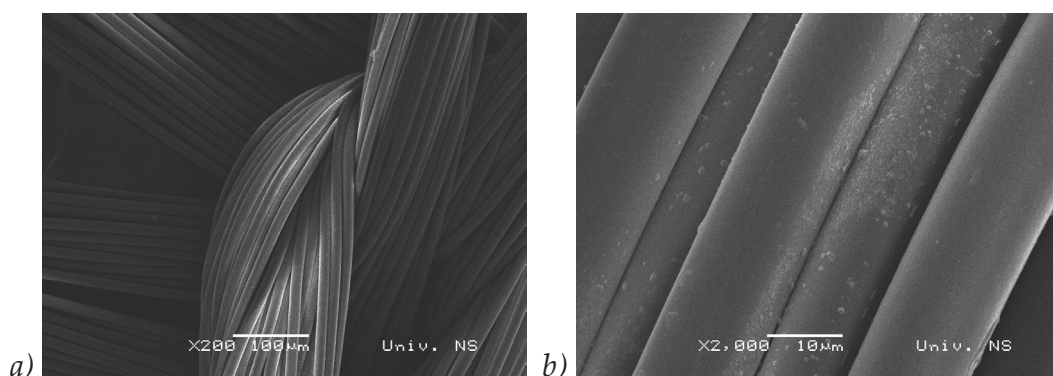
Slika P 3.3.4. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa četiri nanosa boje - materijal 1: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja procesu pranja (5000 x uvećanje)

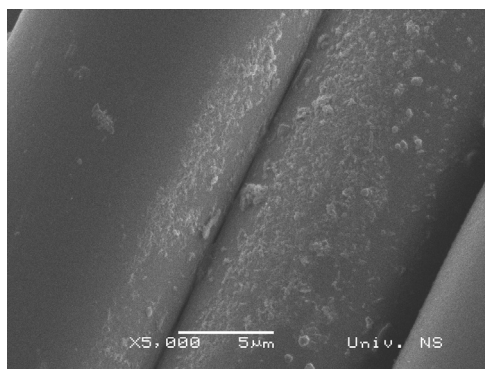


Slika P 3.3.5. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa pet nanosa boje - materijal 1:
 a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje),
 b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje)



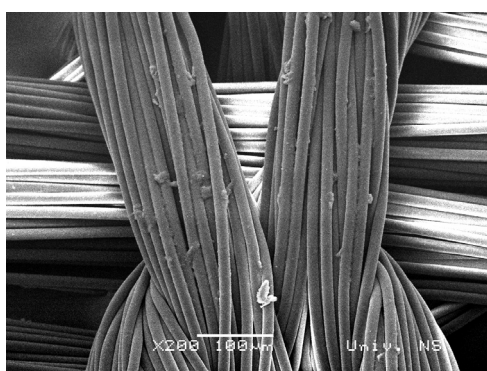
Slika P 3.3.6. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa jednim nanosom boje - ma-
 terijal 2: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu
 pranja (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja procesu pranja (5000 x uvećanje)



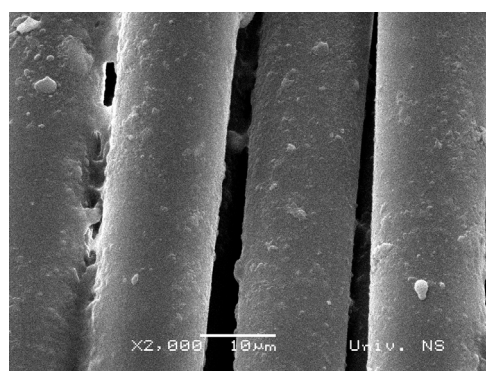


c)

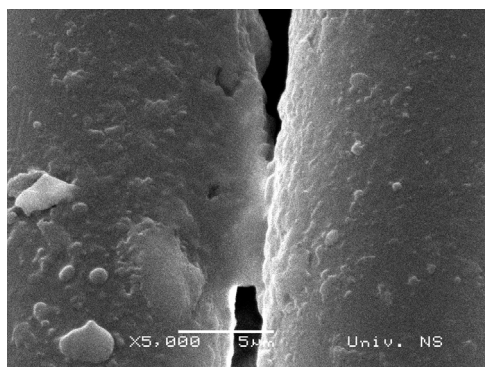
Slika P 3.3.7. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa dva nanosa boje - materijal 2: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja procesu pranja (5000 x uvećanje)



a)

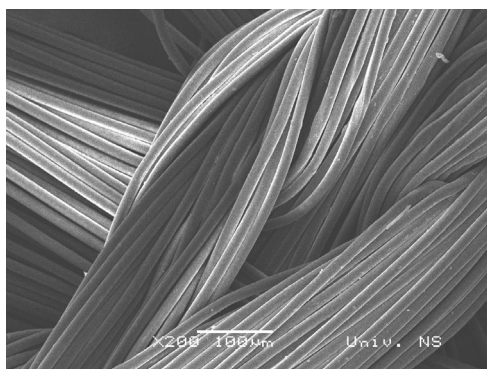


b)

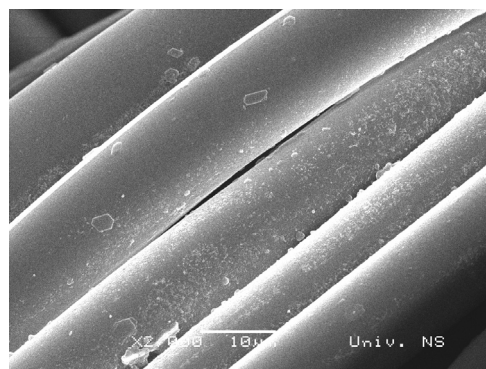


c)

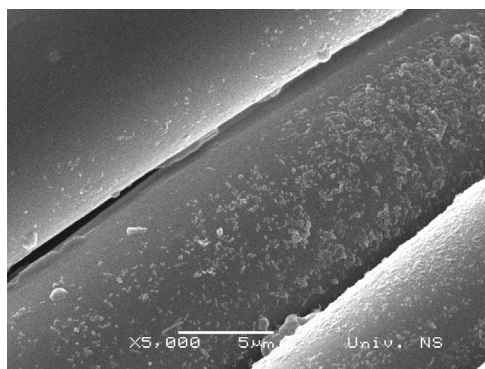
Slika P 3.3.8. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa tri nanosa boje - materijal 2: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja procesu pranja (5000 x uvećanje)



a)



b)

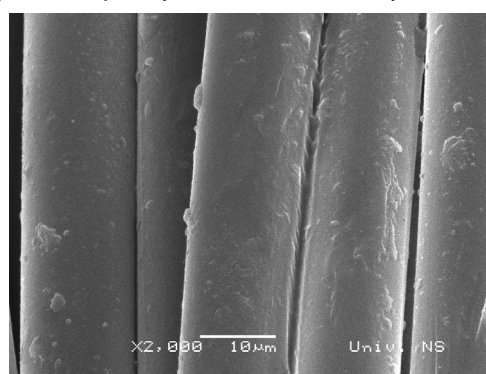


c)

Slika P 3.3.9. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa četiri nanosa boje - materijal 2: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja procesu pranja (5000 x uvećanje)

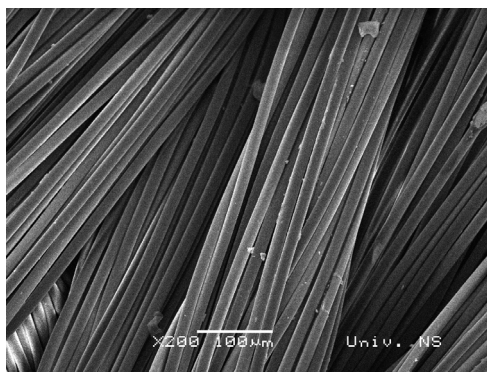


a)

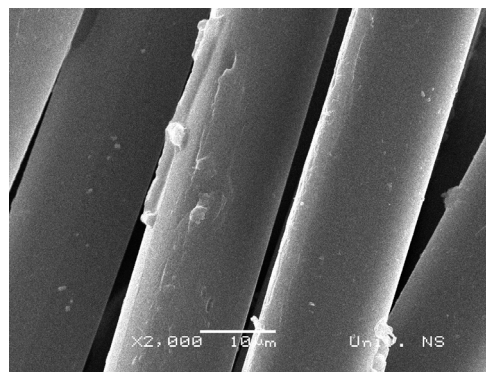


b)

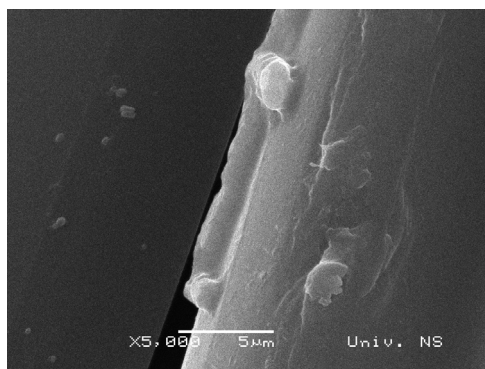
Slika P 3.3.10. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa pet nanosa boje - materijal 2: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje)



a)

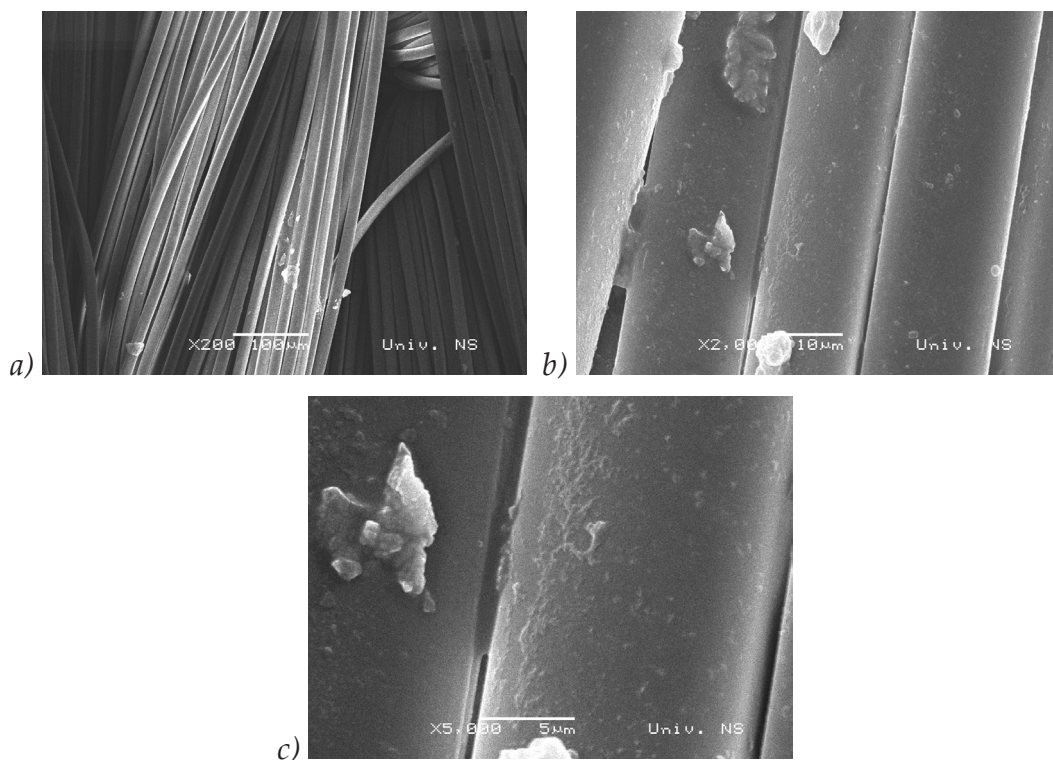


b)

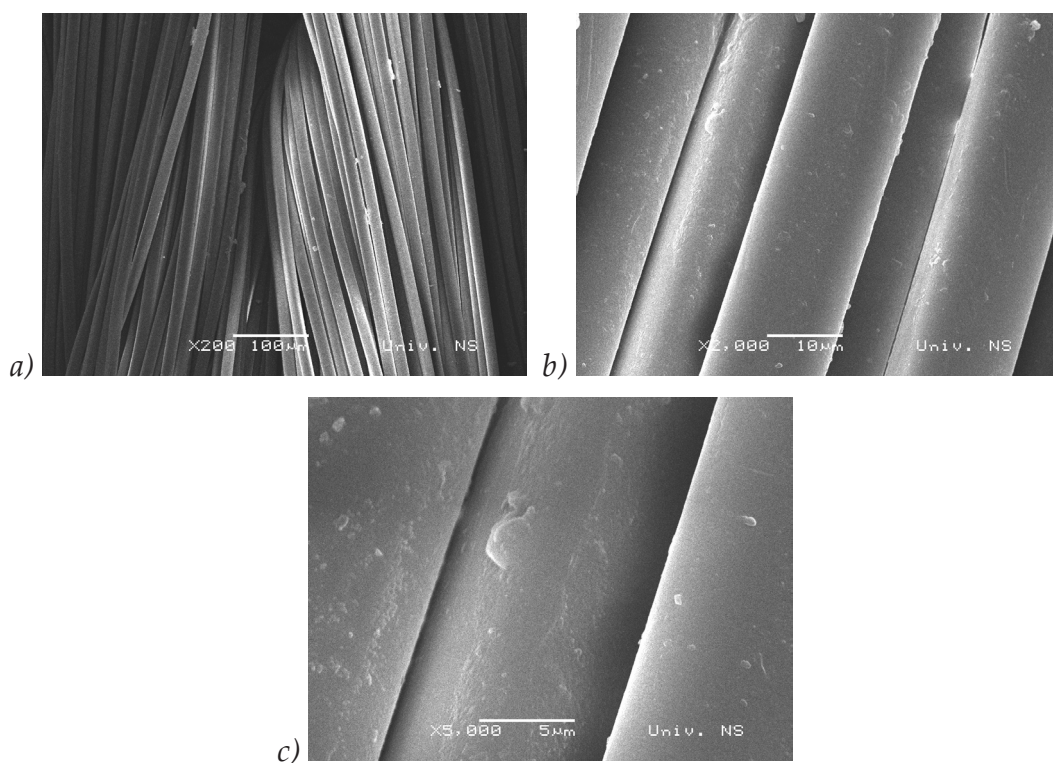


c)

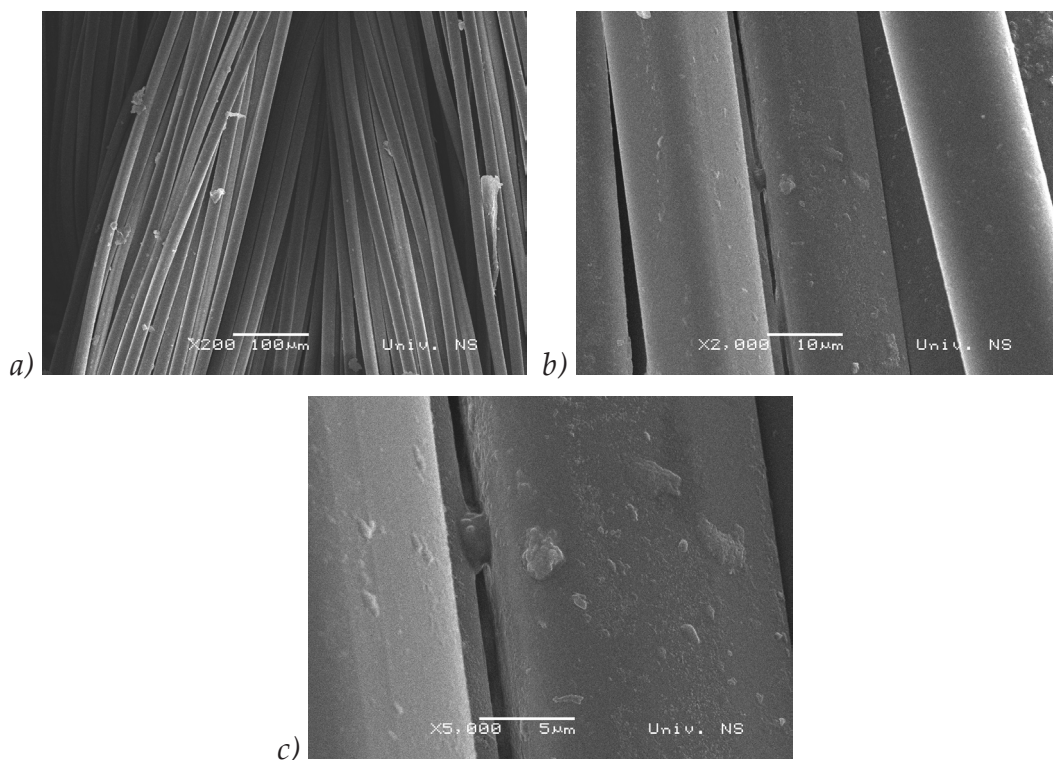
Slika P 3.3.11. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa jednim nanosom boje - materijal 3: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja procesu pranja (5000 x uvećanje)



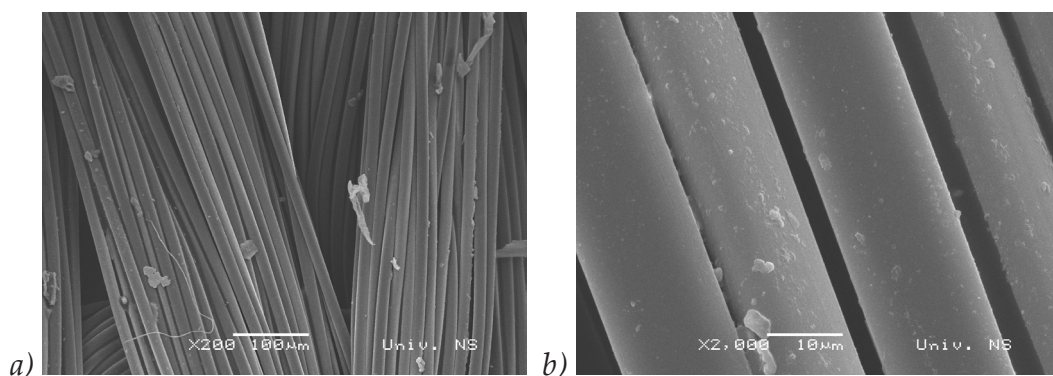
Slika P 3.3.12. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa dva nanosa boje - materijal 3: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja procesu pranja (5000 x uvećanje)



Slika P 3.3.13. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa tri nanosa boje - materijal 3: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja procesu pranja (5000 x uvećanje)

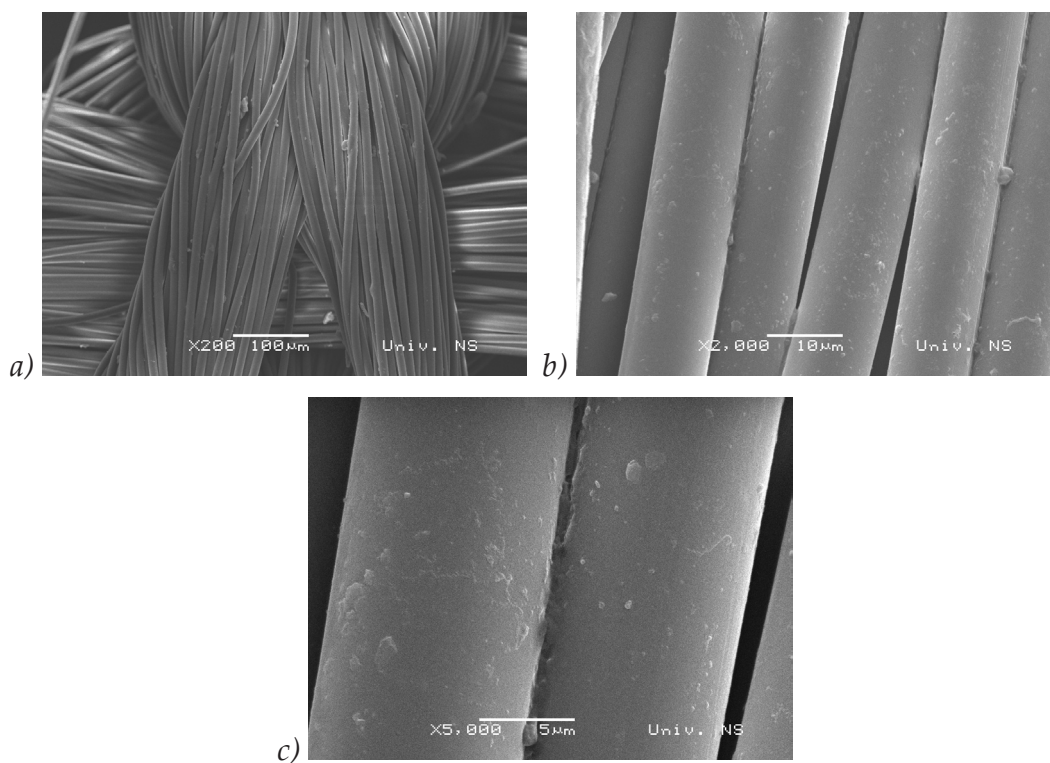


Slika P 3.3.14. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa četiri nanosa boje - materijal 3: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja procesu pranja (5000 x uvećanje)

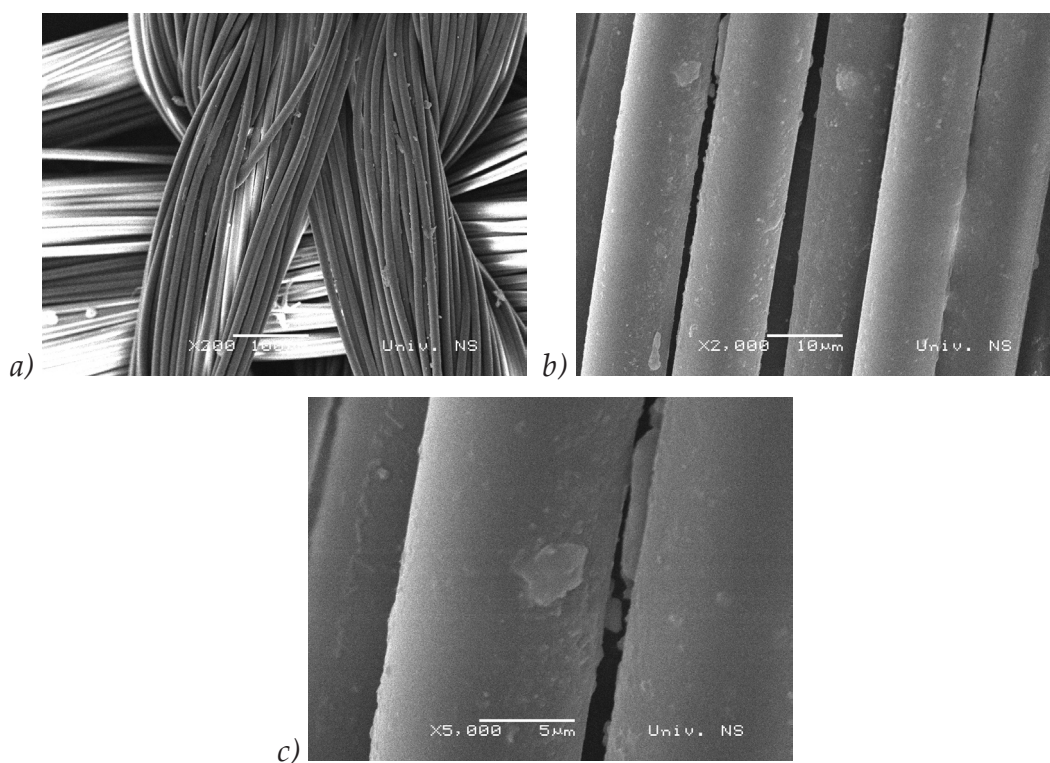


Slika P 3.3.15. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa pet nanosa boje - materijal 3: a) nakon izlaganja procesu pranja (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja procesu pranja (2000 x uvećanje)

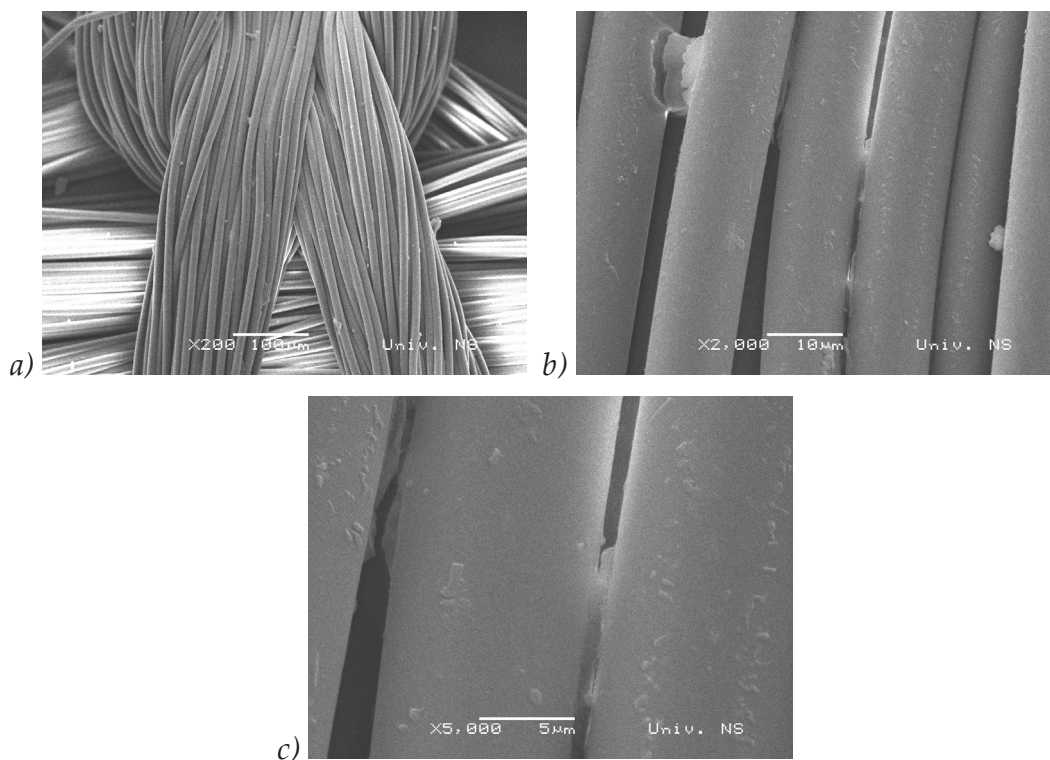
P 3.4. SEM analiza uzoraka nakon toplotnog dejstva



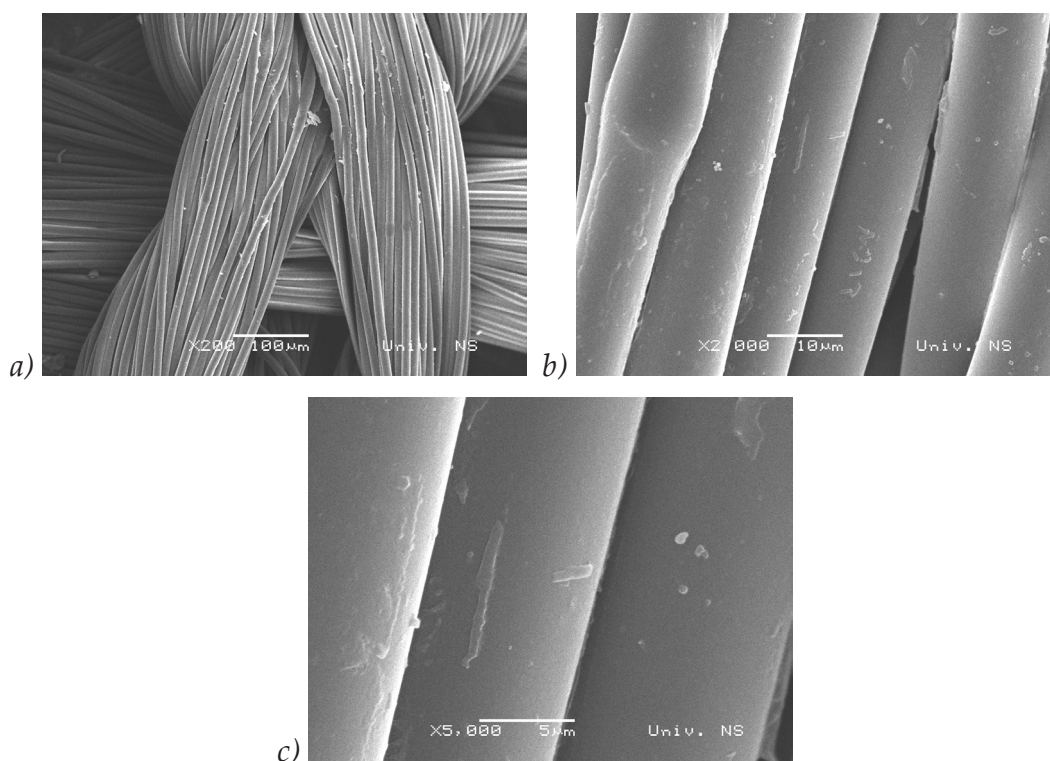
Slika P 3.4.1. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa jednim nanosom boje - materijal 1: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (5000 x uvećanje)



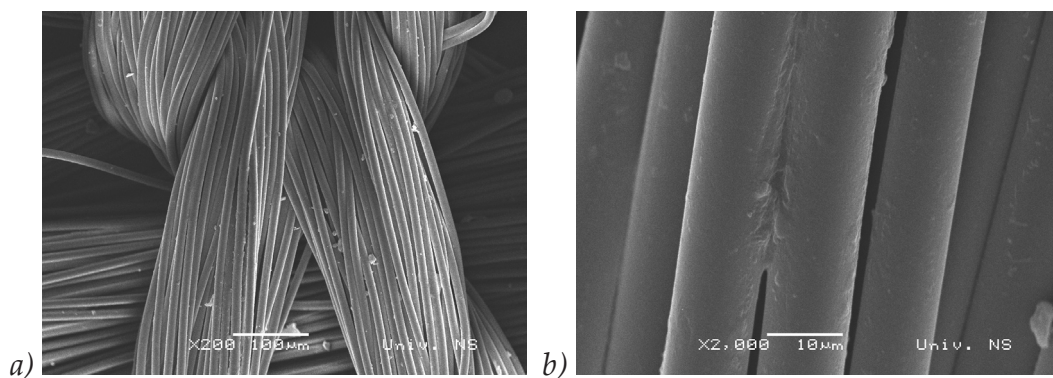
Slika P 3.4.2. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa dva nanosa boje - materijal 1: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (5000 x uvećanje)



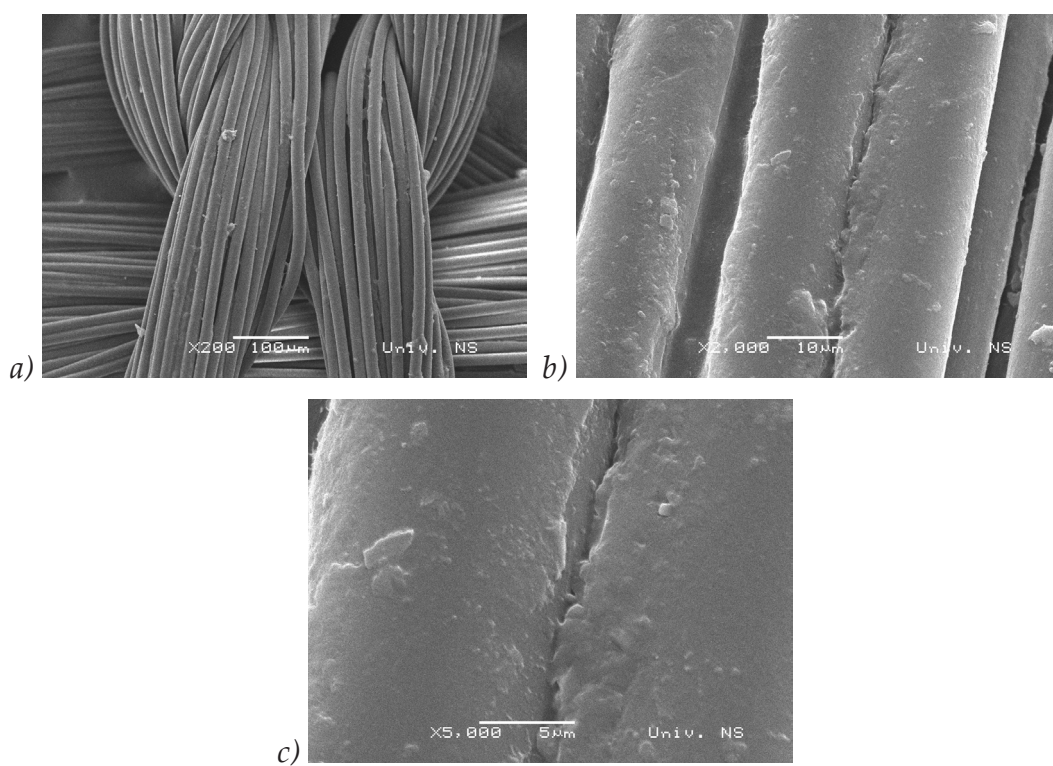
Slika P 3.4.3. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa tri nanosa boje - materijal 1: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (5000 x uvećanje)



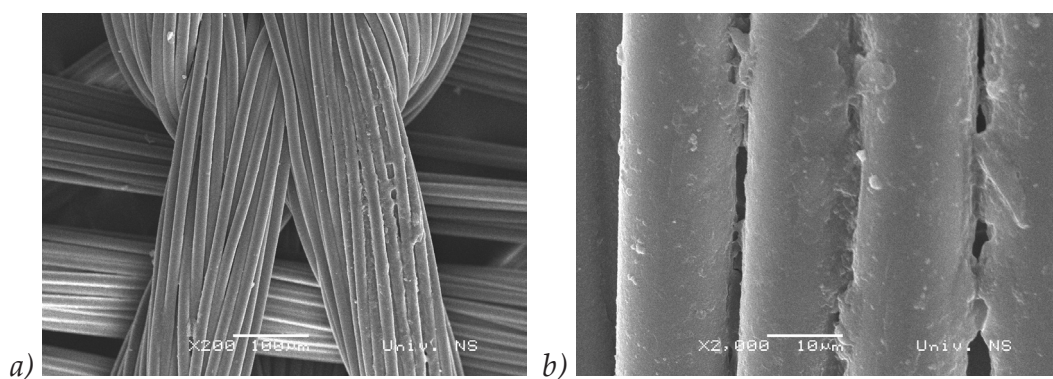
Slika P 3.4.4. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa četiri nanosa boje - materijal 1: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (5000 x uvećanje)

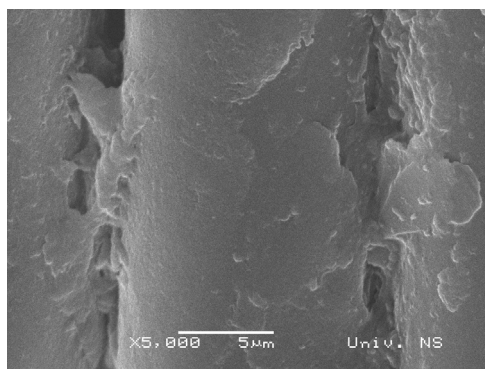


Slika P 3.4.5. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje - materijal 1:
 a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje),
 b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje)



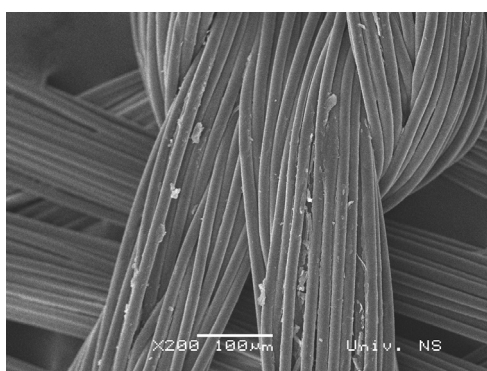
Slika P 3.4.6. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa jednim nanosom boje - materijal 2: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (5000 x uvećanje)



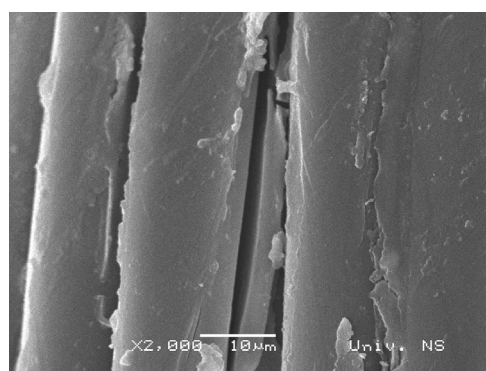


c)

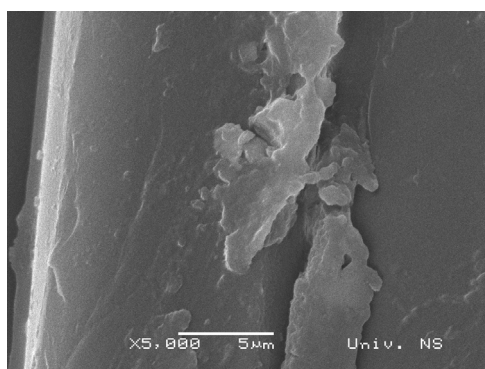
Slika P 3.4.7. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa dva nanosa boje - materijal 2: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (5000 x uvećanje)



a)

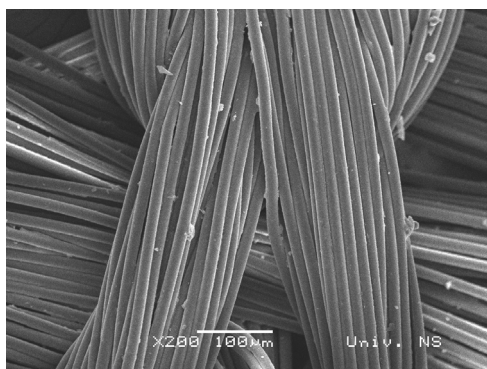


b)

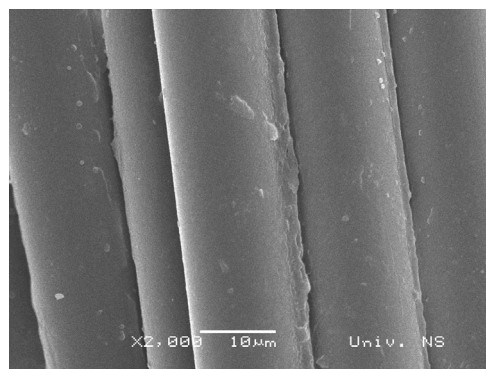


c)

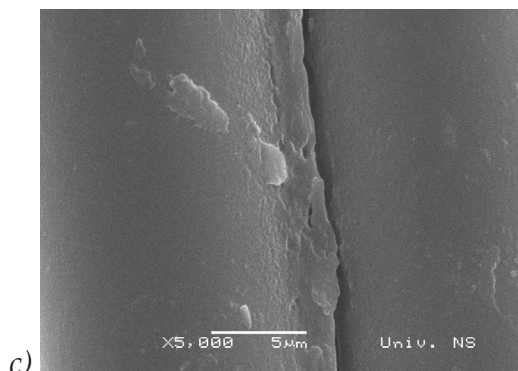
Slika P 3.4.8. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa tri nanosa boje - materijal 2: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (5000 x uvećanje)



a)

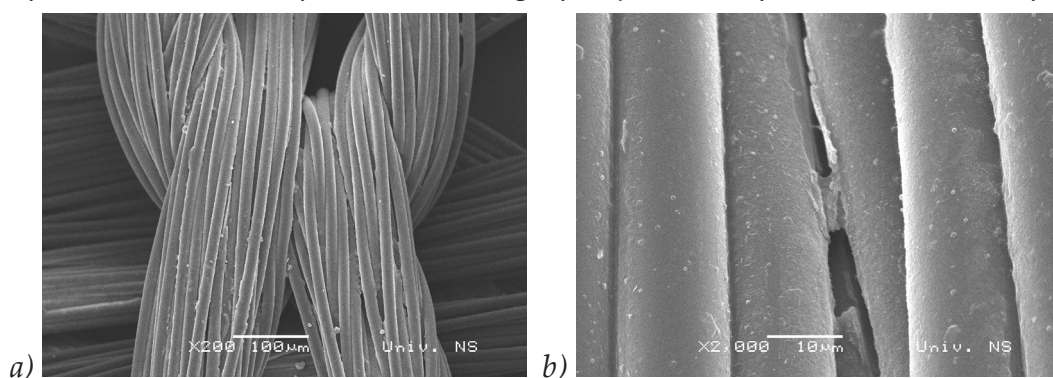


b)



c)

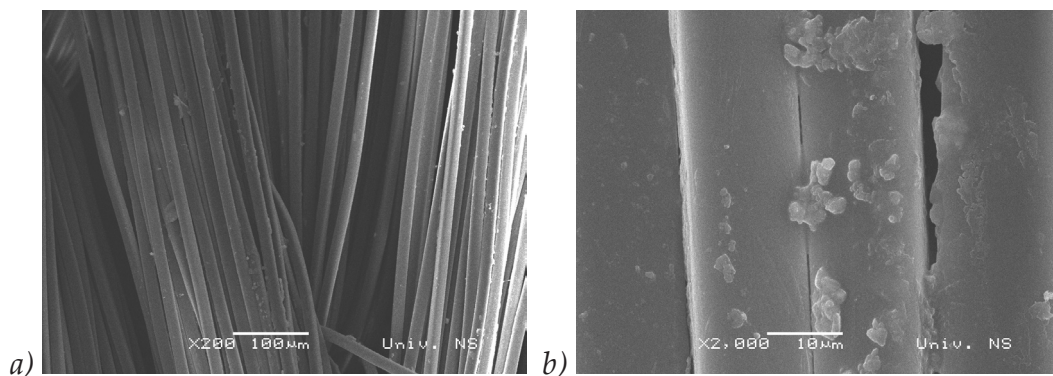
Slika P 3.4.9. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa četiri nanosa boje - materijal 2: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (5000 x uvećanje)



a)

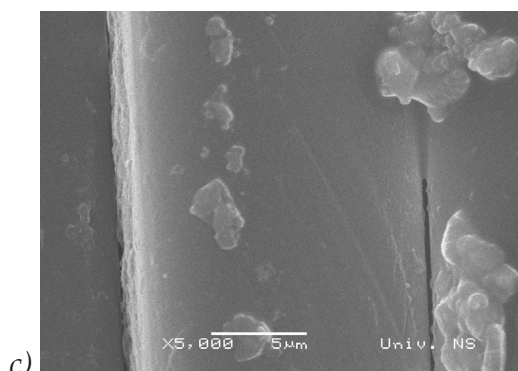
b)

Slika P 3.4.10. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje - materijal 2: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje)



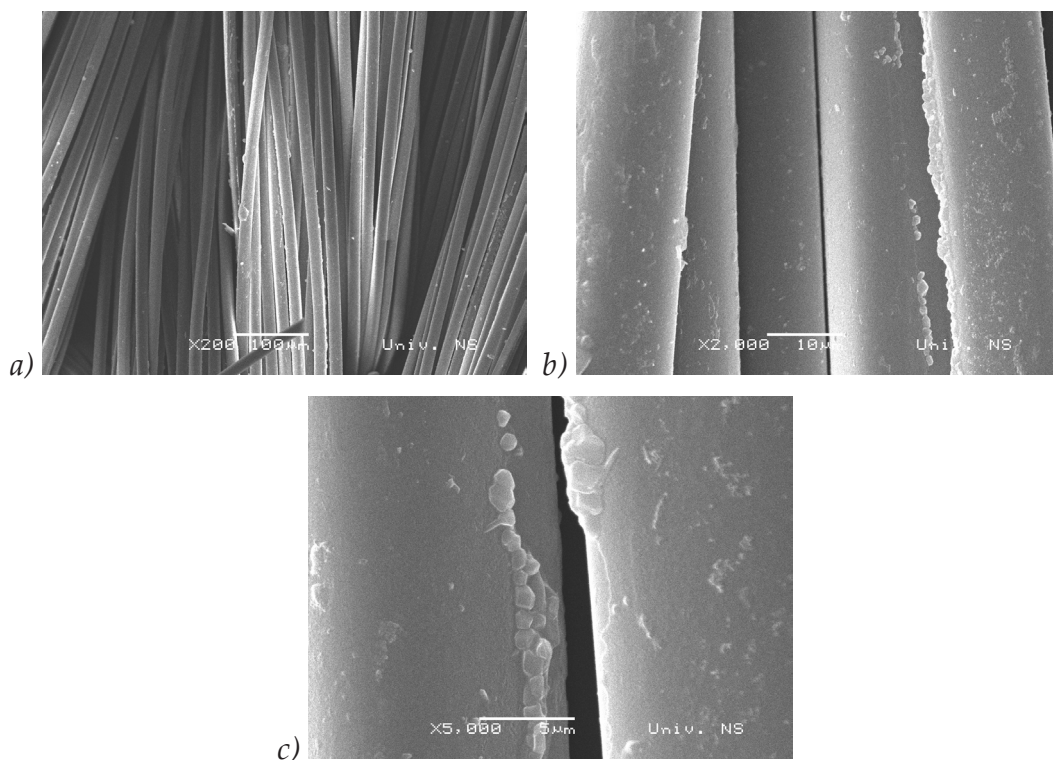
a)

b)

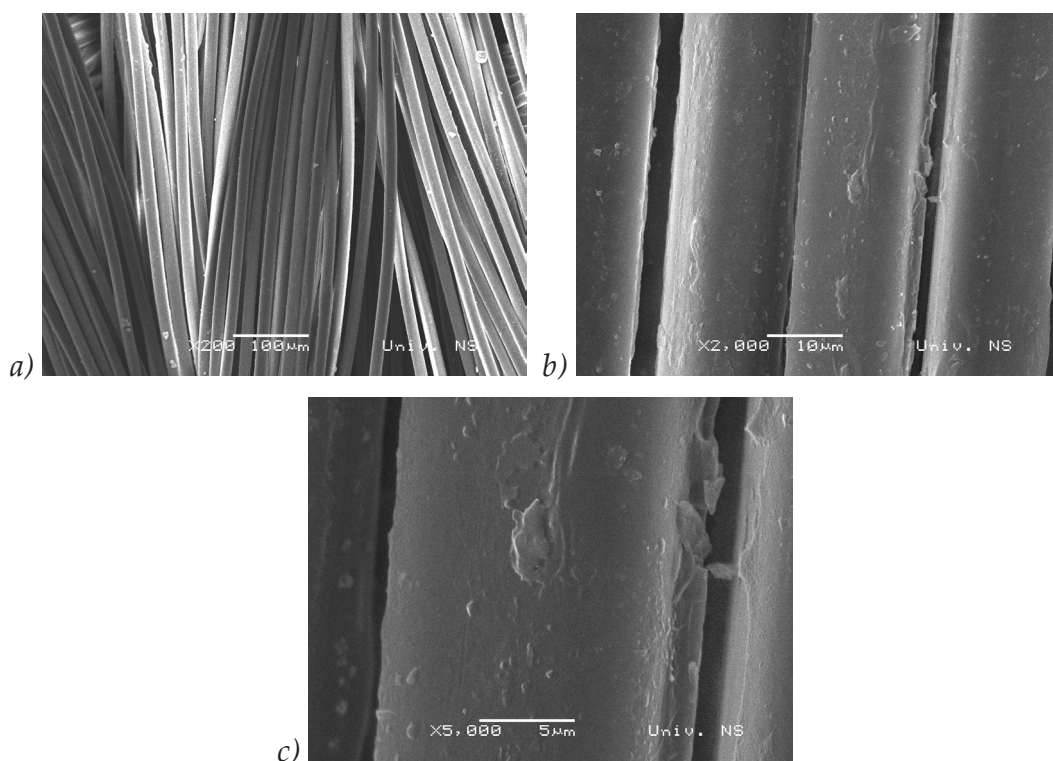


c)

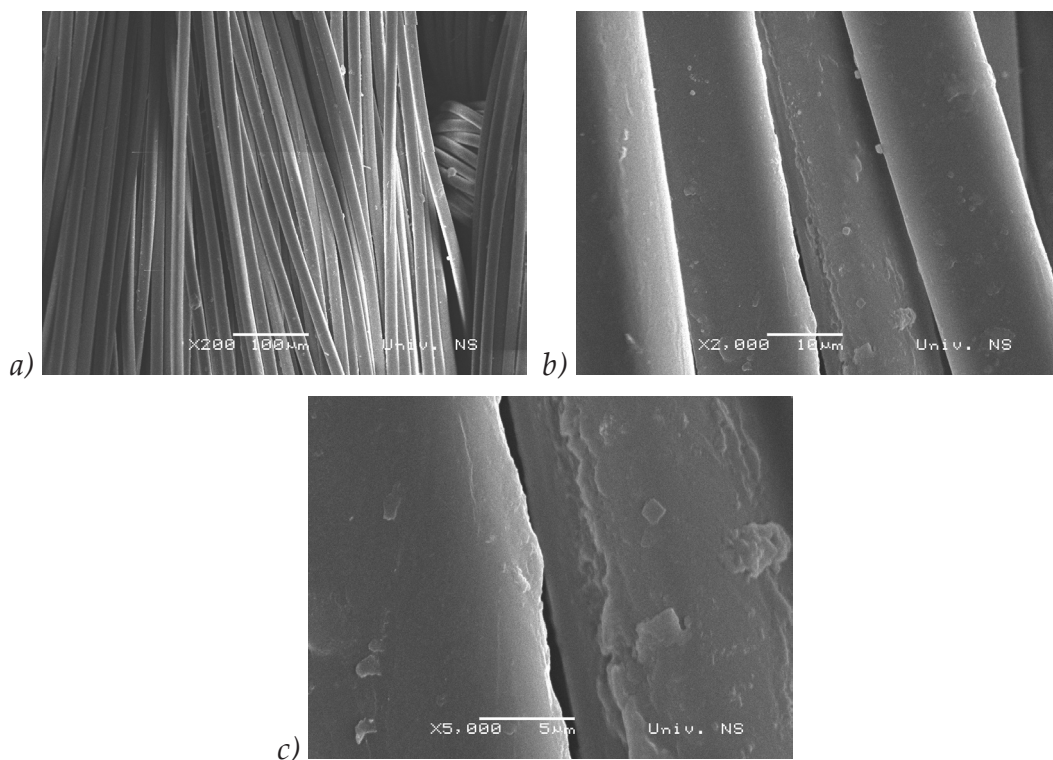
Slika P 3.4.11. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa jednim nanosom boje - materijal 3: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (5000 x uvećanje)



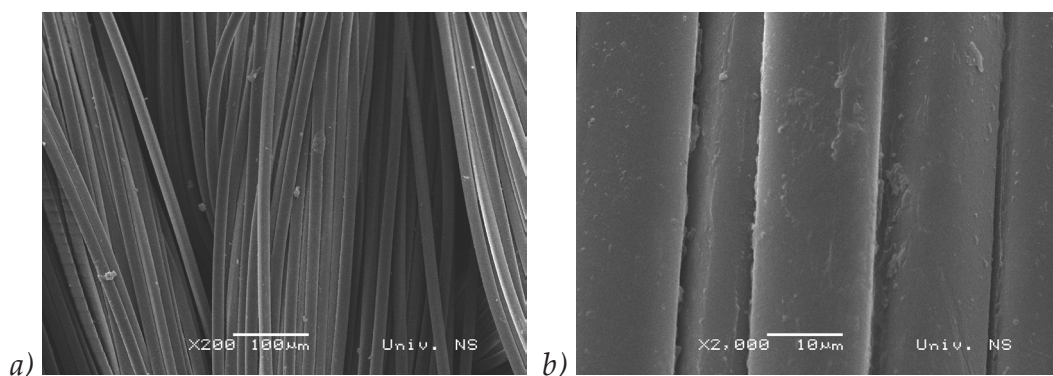
Slika P 3.4.12. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa dva nanosa boje - materijal 3: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (5000 x uvećanje)



Slika P 3.4.13. Mikroskopski snimak uzorka odštampalog sa tri nanosa boje - materijal 3: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (5000 x uvećanje)



Slika P 3.4.14. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa četiri nanosa boje - materijal 3: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje), c) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (5000 x uvećanje)



Slika P 3.4.15. Mikroskopski snimak uzorka odštampanog sa pet nanosa boje - materijal 3: a) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (200 x uvećanje), b) nakon izlaganja toplotnom dejstvu (2000 x uvećanje)