

# Utjecaj predobrade tekstilnog materijala na karakteristike digitalnog otiska tekstilnog tiska

---

**Labazan, Petra**

**Master's thesis / Diplomski rad**

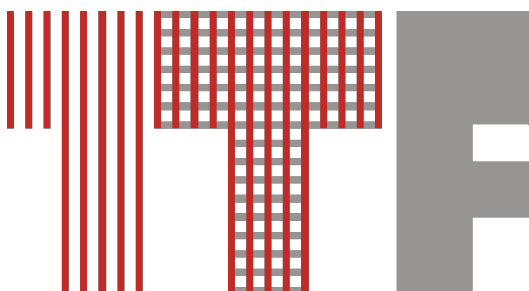
**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:201:903882>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-05-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
TEKSTILNO-TEHNOLOŠLI FAKULTET  
TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽINJERSTVO**

**Diplomski rad**

**Utjecaj predobrade tekstilnog materijala na karakteristike  
digitalnog otiska tekstilnog tiska**

**Petra Labazan**

**Zagreb, rujan 2020.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽINJERSTVO**  
**Tekstilna kemija, materijali i ekologija**

**Diplomski rad**

**Utjecaj predobrade tekstilnog materijala na karakteristike**  
**digitalnog otiska tekstilnog tiska**

**Prof. dr. sc. Martinia Ira Glogar**

**Petra Labazan**

**Zagreb, rujan 2020.**

## **TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

**Institucija:** Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

**Sveučilišni diplomski studij:** Tekstilna tehnologija i inženjerstvo

**Modul:** Tekstilna kemija, materijali i ekologija

**Student:** Petra Labazan

**Matični broj (broj indeksa) :** 10955

**Mentor:** prof. dr. sc. Martinia Ira Glogar

**Rad izrađen u:** Zavodu za tekstilnu kemiju i ekologiju, Savska cesta 16/9, Zagreb

**Broj stranica:** 105

**Broj slika:** 45

**Broj tablica:** 44

**Broj literaturnih izvoda:** 22

**Jezik teksta:** hrvatski

**Datum obrane:** 30.09.2020.

### **Članovi povjerenstva:**

1. Izv. prof. dr. sc. Anita Tarbuk, predsjednica
2. Prof. dr. sc. Martinia Ira Glogar, članica
3. Prof. dr. sc. Branka Vojnović, članica
4. Izv. prof. dr. sc. Ana Sutlović, zamjenica člana



## ZAHVALE

*Ovaj rad izradila sam pomoću stečenog znanja i navedene literature na Sveučilištu u Zagrebu, Tekstilno-tehnološkom fakultetu, na Zavodu za tekstilnu kemiju i ekologiju.*

*Prije svega, htjela bih uputiti riječi zahvale svojoj mentorici, prof. dr. sc. Martinii Iri Glogar na izrazitom trudu u osmišljavanju i realizaciji ove teme. Svojim stručnim znanjem, savjetima i motivaciji uvelike ste doprinijeli izradi Diplomskog rada. Hvala Vam na izdvojenom vremenu.*

*Zahvaljujem se asistentici Anji Ludaš mag. ing. techn. text. na pomoći u izradi eksperimentalnog dijela.*

*Također, htjela bih se zahvaliti svim ostalim profesorima i asistentima s Tekstilno-tehnološkog fakulteta na njihovom trudu i znanju koje sam od njih stekla.*

*Na kraju, veliko hvala mojim roditeljima, sestri i cijeloj mojoj obitelji, dečku i prijateljima na velikoj podršci tijekom studiranja i bez kojih sve što sam dosada postigla ne bi bilo moguće.*

## SAŽETAK

U ovom radu provedeno je istraživanje i analiza pigmentnog otiska na uzorcima standardne pamučne tkanine, neobrađene i modificirane postupkom kationiziranja. Uzorci su otisnuti postupkom digitalnog tekstilnog tiska s i bez veziva, te su analizirani s aspekta pokrivenosti površine, egalnosti nanosa i kolorimetrijskih vrijednosti. Isto tako, provelo se i ispitivanje postojanosti na pranje, standardnim postupkom i s pojačanim mehaničkim naprezanjem, a sve u cilju analize boje otisaka kolorimetrijskom metodom. Kationiziranje pamučne tkanine provedeno je tijekom postupka mercerizacije na laboratorijskom džigeru, a sredstvo za kationiziranje bilo je Rewin DWR. Ispitivanje postojanosti na pranje provedeno je prema standardu ISO 105-C06:2010 (A2S) Tekstil – Ispitivanje postojanosti obojenja – dio C06: Postojanost obojenja na kućno i komercijalno pranje.

**Ključne riječi:** pigmentni tisak, kationizirani pamuk, vezivo, postojanost na pranje

# SADRŽAJ

|                                                                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. UVOD.....</b>                                                                                                        | <b>1</b>  |
| <b>2. TEORIJSKI DIO.....</b>                                                                                               | <b>2</b>  |
| 2.1. O tehnologiji digitalnog tiska.....                                                                                   | 2         |
| 2.2. InkJet digitalni tisak.....                                                                                           | 3         |
| 2.3. Digitalni InkJet tisak na tekstilu.....                                                                               | 5         |
| 2.4. Pigmenti.....                                                                                                         | 6         |
| 2.5. Digitalni pigmentni InkJet tisak na tekstilu.....                                                                     | 7         |
| 2.6. O pamuku.....                                                                                                         | 8         |
| 2.7. Predobrada pamučnih materijala kationiziranjem.....                                                                   | 9         |
| 2.7.1. Učinak predobrade pamuka kationiziranjem u pigmentnom tisku.....                                                    | 10        |
| 2.8. Međudjelovanje svjetlosti i tvari.....                                                                                | 13        |
| <b>3. EKSPERIMENTALNI DIO.....</b>                                                                                         | <b>17</b> |
| 3.1. Karakterizacija materijala.....                                                                                       | 17        |
| 3.2. Modifikacija pamučne tkanine postupkom kationiziranja.....                                                            | 17        |
| 3.3. Mjerenje elektrokinetičkog potencijala.....                                                                           | 19        |
| 3.4. Tisak pamučnih uzoraka.....                                                                                           | 19        |
| 3.5. Ispitivanje postojanosti na pranje.....                                                                               | 20        |
| 3.6. Mikroskopska analiza otisnutih uzoraka prije i nakon pranja (snimanje mikroskopom DinoLite).....                      | 22        |
| 3.7. Spektrofotometrijsko mjerenje.....                                                                                    | 23        |
| 3.8. Označavanje uzoraka.....                                                                                              | 23        |
| 3.9. Ispitivanje sposobnosti upravljanja vlagom i mjerenje kontaktnog kuta kapljice na površini tekstilnog materijala..... | 24        |
| <b>4. REZULTATI I RASPRAVA.....</b>                                                                                        | <b>25</b> |
| 4.1. Usporedna analiza uzoraka prije pranja.....                                                                           | 32        |
| 4.2. Usporedna analiza nakon prvog ciklusa pranja.....                                                                     | 38        |
| 4.3. Usporedna analiza nakon trećeg ciklusa pranja.....                                                                    | 48        |
| 4.4. Usporedna analiza nakon petog ciklusa pranja.....                                                                     | 57        |

|                                                          |            |
|----------------------------------------------------------|------------|
| 4.5. Usporedna analiza nakon sedmog ciklusa pranja.....  | 68         |
| 4.6. Usporedna analiza nakon desetog ciklusa pranja..... | 78         |
| <b>5. ZAKLJUČAK.....</b>                                 | <b>103</b> |
| <b>6. LITERATURA.....</b>                                | <b>104</b> |

# 1. UVOD

Primjena InkJet digitalne tehnologije direktnog tiska, sve je izraženija u tekstilnoj industriji i proizvodnji tekstila uzorkovanog tiskom. Tehnologija izvorno razvijena za grafičke primjene ulazi u svijet tekstila i ruši ograničenja koja su postojala prije svega u kreativnom dijelu proizvodnje i ometala slobodu dizajna koju pruža digitalna tehnologija. Sada, bez skupe i dugotrajne faze pripreme koja uključuje pripremu uzoraka i šablona u analognom tisku s ograničenim brojem boja, digitalni tisak s mogućnošću reprodukcije uzoraka neograničenih oblika i broja boja pruža mogućnost brzog odgovora na zahtjeve tržišta, personalizaciju proizvoda, jedinstvenost, individualnost uz značajne uštede vode i energije, smanjenje zagađenja, što digitalni tisak čini ekološki prihvatljivijom tehnologijom od analogne. Te prednosti opravdavaju značajan istraživački i razvojni rad koji se kontinuirano ulaže u pronalaženje optimalnih rješenja za probleme koji, unatoč velikim prednostima i prepoznatljivosti digitalne tehnologije u svijetu odjeće, i dalje koče njezinu potpunu komercijalizaciju.

Kada se tiskarska boja, u InkJet tehnologiji, sustavom sapnica dovede na površinu tekstilnog materijala, dolazi do prodiranja kapi u i širenja kroz strukturu podloge. Omjer i specifični odnos prodiranja i širenja ovisit će o fizikalnim karakteristikama i prethodnoj obradi podloge. Funkcija predobrade površine tekstilnog materijala je imobilizacija izbačene kapljice tiskarske boje kako bi se spriječilo njeno razlijevanje. Intenzivan istraživački rad posvećuje se inovativnim metodama predobrade tekstilnog materijala te se najintenzivnije radi na primjeni kitozana kao veziva, obradi niskotlačnom argonovom ili kisikovom plazmom te obradi kationskim spojevima.

U ovom radu se provelo istraživanje utjecaja predobrade pamučne tkanine kationiziranjem te konvencionalnim vezivom, na karakteristike otiska dobivenog InkJet digitalnom tehnologijom direktnog tiska. Ispitana je i analizirana ravnomjernost nanosa pigmenta, količina vezanog pigmenta te postojanost na pranje.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. O tehnologiji digitalnog tiska

Umjetnost uzorkovanja tekstila tiskom stara je koliko i sama povijest civilizacije. Povijesni nalazi potvrđuju primjenu razvijene metode tiska blokovima u Egiptu 600 - 400. prije Krista. U Europu tehnologija tiska dolazi iz Azije i Indije tijekom 13. stoljeća, a pravu revoluciju i industrijski procvat tekstilni tisak doživljava s komercijalizacijom patentiranog polu-automatiziranog rotacijskog tiskarskog stroja, 60-ih godina 20. stoljeća. Industrijski moderan rotacijski stroj patentirao je Austrijanac Peter Zimmer 1963. godine. 80-ih godina 20. stoljeća razvijaju se CAD sustavi te ulaze i u tehnologiju tekstilnog tiska i omogućuju veću stopu reproducibilnosti i fleksibilnosti procesa te općenito veću kvalitetu tiska. Trenutno je tehnologija tiska dominantna u proizvodnji uzorkovanog tiska te se godišnje na globalnom tržištu proizvede 23000 km<sup>2</sup> tiskanog tekstila. No, usprkos svim prednostima, konvencionalni rotacijski tisak ima i nedostatke kao što je supa i dugotrajna priprema uzornica i šablona, skladištenje šablona, potrošnja kemikalija i slično. Stoga je pod pritiskom pronalaska novih tehnologija tiska, u svijet tekstilne industrije uvedena grafička tehnologija digitalnog InkJet tiska [1].

Mehanizam cijepanja mlaza u seriju kapljica opisao je još 1878. godine Lord Rayleigh, a 1951. godine Elmquist von Siemens patentira prvi Rayleighov InkJet uređaj. Digitalni InkJet tisak, izvorno je razvijen za primjenu u grafičkoj tehnologiji, prvenstveno namijenjen tisku homogenih papirnatih površina [1]. Najranija tehnologija InkJet ispisa koja se razvija 60-ih godina 20. stoljeća je tehnologija kontinuiranog toka koju prvi definira 1960., dr. Sweet sa sveučilišta Stanford te se na temelju njegovih postavki i pronalazaka, u kasnim 60-im godinama 20. stoljeća predstavljaju uređaji A. B. Dick VideoJet i Mead DIJIT. Tvrtka IBM razvija 1970. godine InkJet stroj s kontinuiranim tokom kao prvi računalni pisač, a 1976. godine predstavlja InkJet pisač IBM4640. Tvrtka Zoltan i Kyser i Sears među prvima, 80-ih godina 20. stoljeća razvijaju InkJet tehnologiju diskontinuiranog toka, tzv. kapanje na zahtjev (*drop on demand*). Tvrtka Hewlett-Packard komercijalizira termalni InkJet pisač, prvi nisko- komercijalni *bubble jet* DOD pisač. Prvi InkJet tiskarski stroj za tekstil patentira i komercijalizira tvrtka Stork Brabant, *TruColour*, kojeg predstavlja na ITMA-i 1991. godine. Danas su najznačajniji proizvođači koji su ujedno predvodnici i razvoja InkJet tehnologije digitalnog tiska na tekstilu, tvrtke Stork, Toxot, Seiren, Zimmer i Reggiani Machine S. [1].



Izvor: <https://www.xrite.com/blog/rise-of-digital-printing-for-textiles>

**Slika 1:** Digitalni tekstilni tiskarski stroj

## 2.2. InkJet digitalni tisak

Ink-jet tisak je bez-kontaktna tehnologija tiska u kojoj se generirani niz mikro-kapljica izbacuje kroz mikro-mlaznice na tiskovnu podlogu. Mlaznice moraju biti točno određene veličine te moraju pozicionirati kapi više stotina tisuća puta u sekundi. Ova vrsta digitalnog tiska najviše ovisi o kemikalijama i bojilima koja se primjenjuju, jer neki kemijski spojevi i otapala mogu uništiti ispisne glave. Općenito, InkJet se može, s obzirom na veličinu kapljice, podijeliti na:

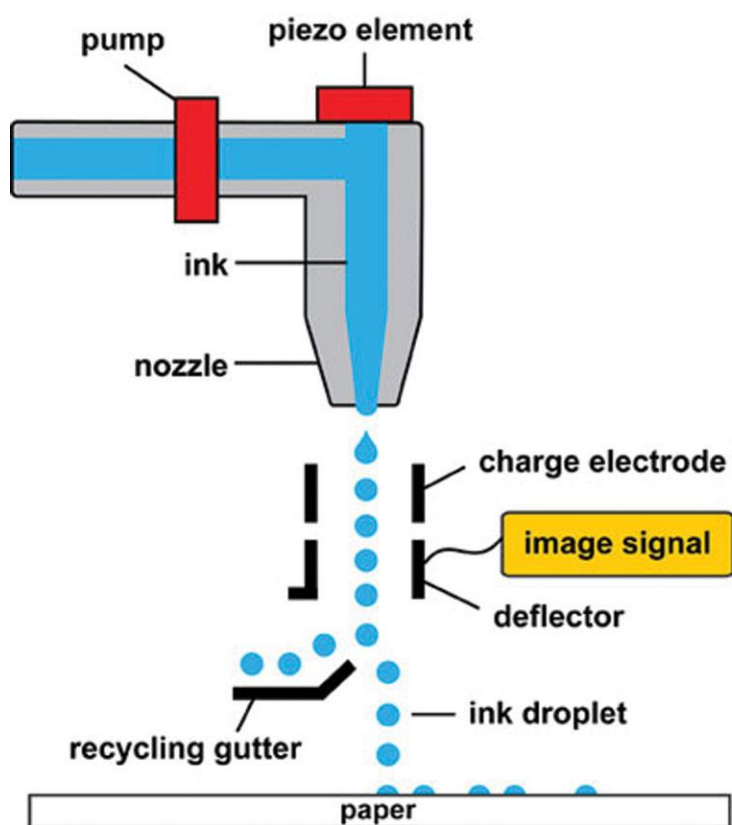
- Binaran - veličina svih kapljica je ista, zacrtnjenje i prijelazi između tonova ovise o njihovoj količini na jedinici površine
- Varijabilan - prijelaz između tonova je finiji pri manjim rezolucijama što uvelike utječe na brzinu ispisa [2].

Posljednjih godina sve je veća primjena digitalnog tiska na tekstilnim podlogama. Kao što je već rečeno, InkJet je tehnologija tiska u kojoj se kapljice tiskarske boje izbacuju iz mlaznice izravno na određeni položaj na mediju kako bi se stvorila željena slika. Važno je napomenuti da je ova vrsta tiska jedina koja je beskontaktna pa ju to čini i idealnom metodom tiska [3].

Tehnologiju bez-kontaktng InkJet ispisa se može podijeliti na sljedeće vrste:

- kap na zahtjev InkJet (DoD)
- kontinuirani InkJet
- prskanje raspršivačem/ventilom [4].

Današnji suvremeni InkJet pisači većinom rade na principu diskontinuiranog toka tiskarske boje, odnosno ispisne glave s tehnologijom generiranja kapljice na zahtjev (*drop on demand*). One se mogu precizno kontrolirati te proizvode i ispuštaju kap tiskarske boje upravo kada je to potrebno. Dijelimo ih na dvije vrste, piezo i termalne. Piezo InkJet glave upotrebljavaju pizoelektrični kristal koji se pri promjeni naboja deformira, a zatim iz komore izbacuje tintu kroz sitne rupice mlaznica. Ovaj princip rada moguće je koristiti kod svih tekućina i bojila. Druga vrsta ispisnih glava su termalne InkJet glave koje zagrijavanjem tiskarske boje u komori za generiranje tvore mjehurić pare koji potom izbacuje kapljicu iz mlaznice. Ova tehnologija efikasno radi samo s tiskarskim bojama na bazi vode [2]. Nasuprot tehnologiji diskontinuiranog toka, metoda kontinuiranog raspršivanja kontinuirano prska kapljice tiskarske boje prema površini [4].



Slika 2: InkJet pisač [2]



## 2.3. Digitalni InkJet tisak na tekstilu

Digitalni InkJet tisak i dalje nije toliko rasprostranjen te iznosi manje od 1% ukupnog tržišta tiska. Međutim, posljednjih godina pronalazi sve veću primjenu pa se tako nalazi na tepisima, šalovima, kravatama, odjeći, zavjesama, transparentima, zastavama, kao tekstil u automobilima i slično. Očekuje se da će daljnjim napretkom računalnih programa, pisača i tehnologija InkJet tiskarske boje, digitalni tisak u budućnosti imati puno veći značaj [4, 5]. Za razliku od tiska na papiru, kod digitalnog tiska potrebna je prethodna obrada i naknadna obrada da bi se bojila učvrstila na tkanine, a prinos poboljšava izgled i trajnost boje. Procesi nakon obrade utječu na dinamički izgled boje i mijenjaju svojstva tkanine. Tehnologija digitalnog InkJet tiska je grafička višebojna tehnologija reprodukcije slike, izvorno razvijena za homogene, ujednačene površinske strukture poput papira. Međutim, tekstil kao jedinstveni, heterogeni, trodimenzionalni oblik ima svoje površinske zakonitosti, potpuno različite od homogenih struktura poput papira ili plastike. Istraživanja utjecaja površinskih strukturnih karakteristika tekstilnih materijala na oblikovanu kapljicu tiskarske boje, stupanj deformacije i širenja kapljica na površini tekstilnih materijala i prodiranje kapljica tiskarske boje u strukturu tekstila, pridonosi razumijevanju temeljnih mehanizama InkJet tiska na tekstilu. Specifičan problem je poroznost tekstilnog materijala, što uzrokuje određeni gubitak informacija u reprodukciji, budući da se prodor tiskarske boje u dublje slojeve tekstilne podloge, kao ni gubitak tiskarske boje na poroznim dijelovima, ne mogu spriječiti. Također, specifični odnos kemijske konstitucije bojila i funkcionalnih skupina tekstila također definira platformu još uvijek neriješenih problema u tehnologiji digitalnog tiska. Problemi modifikacije i prilagodbe tiskarske boje i komponenti za primjenu u InkJet tehnologiji, kao i problemi tehničkih zahtjeva uređaja za InkJet tisak, dodatno otežavaju optimizaciju tiskarskih boja. Značajan problem predstavlja optimizacija metoda predobrade i naknadne obrade tekstila kao ključnih faza u primjeni digitalne tehnologije. U tehnologiji digitalne InkJet tehnologije, razvoj formulacija tiskarske boje odvija se u dva smjera - jedna se odnosi na razvoj tiskarskih boja na bazi pigmenta, što uključuje razvoj inovativnih metoda predobrade tekstilnih površina i razvoj veziva. Druga se odnosi na razvoj tiskarskih boja na bazi bojila, što uključuje istraživanja modifikacije bojila, prvenstveno reaktivnih, obzirom na postotak celuloznih materijala koji se tiska na svjetskom tržištu. Posebno visoki zahtjevi za veličinom čestica, površinskom napetošću, viskoznošću, stabilnošću, kompatibilnošću s komponentama i tehnologijom protoka tiskarske boje postavljaju se na veziva kao ključni čimbenici u primjeni tiskarskih boja na bazi

pigmenta [6]. Kako je InkJet bez-kontaktna tehnologija, stvaranje slike ovisi o fizikalno-kemijskom fenomenu širenja i prodiranja tiskarske boje. To ovisi o svojstvima tiskarske boje (površinska napetost, viskozitet), predobradi supstrata (fizikalno-kemijski aspekti interakcije bojila i vlakana) i strukturi supstrata - fizikalnoj, konstrukcijskoj i kemijskoj. Koliko god da su modeliranje prodiranja i širenja tiskarske boje, te njihov učinak na performanse otiska temeljito istraženi na području grafičke tehnologije za primjenu na papiru, ti nalazi još uvijek nisu utemeljeni za tekstil gdje se očekuje složenije ponašanje tiskarske boje zbog topološke prirode tekstilnih materijala, raznolikosti bojila (bojila i pigmenti) i njihovo adsorpcijsko ponašanje na različitim tekstilnim vlaknima [6].

## 2.4. Pigmenti

Pigmenti se mogu definirati kao obojene, u vodi ne topljive tvari, koje imaju sposobnost selektivne apsorpcije vidljivog upadnog svjetla. Za razliku od bojila koja su topljiva u vodi (ili nekom drugom otapalu), pigmenti su dispergirani u finom usitnjenju što ih čini netopljivima u vodi. Njihovo najvažnije svojstvo je sama boja, koja ovisi o apsorpciji, odnosno refleksiji vidljivog dijela spektra. Treba napomenuti da će bijeli pigmenti reflektirati gotovo sav spektar, crni ga apsorbirati, dok obojeni jedan dio apsorbiraju, a ostali reflektiraju [7].



**Slika 3:** Pigment [8]

## 2.5. Digitalni pigmentni InkJet tisak na tekstilu

Tekstil je vrlo rasprostranjen. Najrašireniji je u području odjeće (63%), zatim u opremi za kućanstvo (31%) te kao tehnički tekstil (6%) [4]. Odabir samih sastojaka za pripremu tiskarske pigmentne paste uključuje:

- disperziju pigmenta
- polimerno vezivo, otopina polimera ili lateks kako bi slika bila postojana
- voda, za vodene tiskarske boje ± medij za druge komponente
- kootapalo, koje pomaže vodi da nosi druge sastojke putem topljivosti i kompatibilnosti te poboljšava rad ostalih sastojaka u smislu vlaženja i prijanjanja na podloge
- površinski aktivne tvari - omogućavaju vlažnost mlaznica i supstrata, ali i sprječavanje koagulacije ključnih sastojaka kao što su vezivo i pigment
- ovlaživači - sprječavaju isušivanje kad se ne provodi tisak
- sredstva protiv pjenjenja
- sredstvo za kontrolu viskoznosti
- penetrant- za brzo sušenje na poroznim podlogama
- biocid za sprečavanje kvarenja [9].

Disperzija pigmenta je najvažniji sastojak tiskarske paste, dok ostali sastojci služe ili za pozicioniranje čestica pigmenta na pravo mjesto ili za vezanje čestica pigmenta na supstrat. Odabrani pigmenti određuju raspon boja, gustoću boje, svjetlinu i otpornost na UV zračenje pojedinačne tinte [9].

Veziva imaju važnu ulogu zbog toga što se pomoću njih pigment može vezati na tekstilni materijal. Vezivo je tvar koja formira polimerni film; u film se ugrađuju pigmentne čestice i i mehanički se vežu na vlakno. Postojanost na trenje, pranje i kemijsko čišćenje pigmentnog tiska određuje se postojanošću filma za vezivanje, a kvaliteta ovisi o tome kolika je kvaliteta samog veziva [3].

Za razliku od sito tiska, gdje se vezivo stavlja u tiskarsku pastu, kod InkJet tiska vezivo se može dodati na sljedeće načine:

- prije i / ili poslije obrade za postizanje postojanosti pigmenta.
- razviti pigmentne tiskarske boje s vezivom uključenim za specifične piezo pisaće glave
- razviti novi kemijski pristup razvoju tiskarskih boja za pigmentni InkJet tekstilni tisak, koji omogućuje zadovoljenje zahtjeva na niski viskozitet bez upotrebe tekstilnih veziva [5].

Veliki izazov za ovakvu vrstu tiska je ugraditi dovoljno vezivnog sredstva, a istodobno održavati nisku viskoznost, stabilnost tiskarske boje i sposobnost ispiranja [9]. Za razliku od bojila, formulacija tiskarskih boja za InkJet tisak na bazi pigmenta veoma je zahtjevan zadatak. Naime, pigmenti moraju biti usitnjeni u čestice veličine od najmanje 200 nanometara kako bi ostale u suspenziji i zadržale karakteristiku transparentnosti za svjetlo. Formulacija disperzije pigmenta mora biti takva da se izbjegne flokulacija koja tada uzrokuje taloženje i potencijalno začepljenje otvora mlaznice. Mehanizam vezanja vrlo finih čestica pigmenta na tekstilnu površinu vrlo je složen. Veziva i umreživači, koji se obično koriste u sitotisku, ne smiju biti sadržani u formulaciji InkJet tiskarske boje zbog zahtjeva za vrlo niskom viskoznošću tiskarske boje, koja mora biti samo nekoliko centipoisea veća od vode. Budući da je jedan od glavnih minusa pigmentnog tiska krutost i nefleksibilnost otisnute tekstilne površine, postavlja se izazov na istraživanje novih metoda predobrade i tehniku vezanja pigmenta, koje će rezultirati potrebnom postojanosti bez narušavanja opipa tekstilnog materijala [10].

## **2.6. O pamuku**

Pamučno vlakno najčešće se sastoji od kratkih i dugih dlačica, a najosnovniji sastojak samog pamuka je celuloza. Trebalo bi napomenuti da pamuk daje odmah gotovo vlakno pa je potrebno samo odvojiti vlakanca od sjemenki. Taj proces naziva se egreniranje. Egreniranje se može obaviti samo pod uvjetom da pamuk ne sadržava više od 10% vlage. Najprije se skida dugačko vlakno, a zatim, posebnim strojevima ili kemijskim postupkom kratko vlakno. Vrijednost pamuka određuje se prema duljini, jednoličnosti, promjeru, širini, finoći, elastičnosti, zrelosti, čvrstoći, boji, sjaju i drugim svojstvima. Što se tiče upotrebe pamuka kao tekstilnog vlakna, najvažnija je njegova duljina i širina, točnije, finoća vlakna. Njegova najčešća duljina je između 20 i 40 milimetara. Pamuk je osnovna sirovina za tekstilnu industriju u svijetu pa ga to ujedno

čini najvažnijim tekstilnim vlaknom. Od njega se izrađuje predivo za različite tkanine i konac, a može se upotrebljavati za izradu različitih vrsta materijala.. Uzgaja se u čak 86 zemalja svijeta, a njegovi vodeći proizvođači su Kina, SAD, Indija, Pakistan, Uzbekistan, Pakistan, Uzbekistan, Turska, Brazil i Egipat [11].



**Slika 4:** Pamuk [12]

## **2.7. Predobrada pamučnih materijala kationiziranjem**

Kad su uronjena u vodu (pH 6,5–7,0), pamučna vlakna, kao i većina tekstilnih vlakana, pokazuju negativne vrijednosti zeta potencijala ovisno o prirodi polimera, nečistoćama, predobradi i dodanim sredstvima za obradu. Bojila, optička bijelila i sredstava za obradu, većinom su negativnog naboja, te je njihova adsorpcija otežana radi prisutnih odbojnih sile. Te se sile mogu nadvladati dodavanjem velikih količina elektrolita što je ekonomski i ekološki danas neprihvatljiv postupak. Različite obrade, primjerice alkalne modifikacije vlakana, mijenjaju površinske naboje te time i svojstvo adsorpcije. Tijekom procesa mercerizacije pamuka, kristalna rešetka se mijenja iz celuloze I u celulozu II što rezultira energetski povoljnijim materijalom, ali su sile odbijanja i dalje prisutne. Kationiziranje, kao alternativna metoda za poboljšanje adsorpcije bojila i površinski aktivnih sredstava, mijenja površinski naboj vlakana u manje negativan, pa čak i pozitivan ovisno o primijenjenom sredstvu. Ova promjena značajno utječe na adsorpcijska svojstva pamuka [13].

Kationiziranje se može definirati kao modificiranje pamučne celuloze u alkalnim uvjetima, mehanizmom blokade hidroksilnih ( $-OH$ ) skupina, pri čemu nastaju eteri celuloze [14, 15].

Kationiziranje pamuka kvarternim amonijevim spojevima, među prvima započinje M. Rupin, koji je tretirao pamuk 40%-tnom otopinom epoksi propil-trimetil amonijevog klorida kako bi postigao bolje učinke bojadisanja. Početkom 1990-ih započela je detaljna studija o modificiranju pamuka s drugim kationskim spojevima kako bi se bolje proučilo iscrpljivanje anionskih bojila u bojadisnaju i tisku.

Početkom 2000-tih provode se znanstvena istraživanja parametara primjene ne-polimernih kationskih sredstava kao što su epihalohdrin, 2,3-epoksipropil-zrimetil-amonijev klorid (EPTAC) i 3-kloro-2-hidroksi-propil-trimetil-amonijev klorid (CHPTAC), od kojih se ističu ona Hausera i Hashema sa suradnicima [14].

Grancarić i Tarbuk sa suradnicima razvijaju metodu kationiziranja tijekom mercerizacije primjenom kratko-lančanih kationskih spojeva EPTAC i CHPTAC, a kasnije i dugolančanih. Tako kationizirani pamuk zadržava sve pozitivne karakteristike merceriziranog pamuka, ali i postiže promjenu površinskog naboja što osigurava daljnja poboljšanja kvalitete. Za kationiziranje pamuka mogu se koristiti i druga sredstva na bazi kationskih reaktivnih poliamonijevih spojeva [13, 14, 15].

### ***2.7.1. Učinak predobrade pamuka kationiziranjem u pigmentnom tisku***

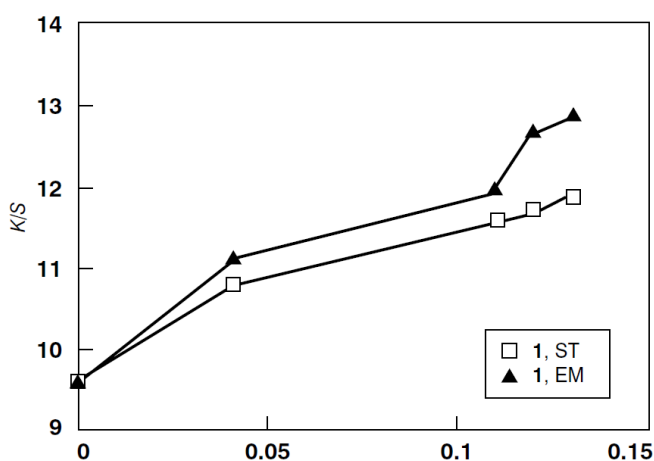
Marie, El-Hamaky, Maamoun, Fekry i Abbas [5] provode istraživanje utjecaja predobrade tekstilnog materijala na karakteristike digitalnog InkJet pigmentnog otiska. Provodili su obradu nanosom konvencionalnog vezivnog sredstva (na bazi akrilata) te kationskim sredstvom Chromatic 9414:

- kationiziranje sredstvom Chromatic 9414, u koncentracijama 10, 15, 20, 25, 30%
- tiskanje tiskarskom bojom koja sadrži vezivo u koncentracijama od 20 g/kg, 40 g/kg, 60 g/kg, 80 g/kg te 100 g/kg, ali i uz sintetski ugušćivač.

Ovaj postupak primjenjivao se na uzorke koji nisu bili prethodno obrađeni i na uzorke koji su bili obrađeni sredstvom Chromatic 9414 [5]. Pigmenti nemaju afinitet prema vlaknima pa će zahtijevati dodatnu uporabu polimernih materijala, poznatih kao vezivna sredstva. Veziva se primjenjuju kako bi kapsulirali čestice nanosene na površinu vlakana i zadržali ih na površini zahvaljujući adheziji između vlakana i veziva. Nadalje, Chromatic 9414 je kationsko sredstvo koje ima dvostruki učinak; djeluje kao kationski reagens ali i vezivo koji pomaže u adheziji veziva na površinu tkanine. Primjena ovih koncentracija dovodi do povećanja K/S vrijednosti

(K/S koeficijent dubine obojenja) za 107,7, 63,9 i 101,4% za pamuk, poliester i njihovu mješavinu u usporedbi s neobrađenim tkaninama. Razlog tome mogla bi biti privlačna sila između pozitivnog naboja tekstilnog materijala i negativnog naboja čestica, ali i zbog hidrofobnog karaktera tkanine i pigmenta. Rezultati također pokazuju da je jača obojenost kod obrađenih nego kod neobrađenih uzoraka [5].

Znanstvenici Reda M El-Shishtawy i S H Nassar [16] provode istraživanje primjene otopine 5g/l natrijevog karbonata i 3 g/l neionskog deterdženta u postupku bijeljenja pamuka, a kao kationsko sredstvo primijenjena kvarterna amonijeva sol, komercijalnog naziva Solfix E. Pigment koji se koristio bio je CI Pigment Red 210. Rezultati pokazuju da K/S vrijednosti tiskanih tkanina ovise o vrsti ugušćivača koji se koristi u tiskarskoj pasti i o sadržaju dušika u obrađenim tkaninama. Dubina obojenja raste s povećanjem sadržaja dušika u obrađenoj tkanini. Na slici je prikazan utjecaj kationizacije na dubinu obojenja pamučnih tkanina koje su otisnute pigmentom [16].



Dubina obojenja (K/S) uzoraka tiskanih sintetičkim ugušćivačem (ST) sadržanim u tiskarskoj boji za digitalni pigmentni tisak, je niža u usporedbi s uzorcima tiskanim tiskarskom bojom koja sadrži emulzijski ugušćivač (EM).

**Slika 5:** Utjecaj sadržaja dušika na dubinu boje tiskanih tkanina pomoću različitih tiskarskih pasta koje sadrže pigment [16]

Rezultati ilustriraju da obrada kationskim komercijalnim sredstvom Solfixom E poboljšava kvalitetu otiska na tekstilni materijal u usporedbi s neobrađenom tkaninom. Kationsko sredstvo Solfix E, također, poboljšava svojstva postojanosti u usporedbi s neobrađenim uzorcima te poboljšanje svojstva postojanosti raste s povećanjem sadržaja dušika.

Svojstva postojanosti uzoraka tiskanih formulacijom koja sadrži sintetički ugušćivač su bolja od uzoraka otisnutih formulacijom tiskarske boje koja sadrži emulzijski ugušćivač. Ovi rezultati sugeriraju da se stvaraju ionske veze između tiskarske boje i kationizirane pamučne tkanine što

dovodi do poboljšanih svojstava postojanosti. Kod uzoraka tiskanih tiskarskom bojom koja sadrži sintetički ugušćivač, i vezivo i ugušćivač doprinose negativnom naboju tiskarske boje jer su kombinacija kopolimera akrilne kiseline/estera. Međutim, u slučaju emulzijskog ugušćivača, samo vezivo doprinosi negativnom naboju tiskarske boje. Stoga bi se moglo očekivati da je ionska interakcija između tiskarske boje i kationiziranog vlakna jača kada se koristi sintetički nego kad se koristi emulzijski ugušćivač [16].

Autori C.-X. Wang and Y.-H. Zhang [17] istražuju kako kationiziranje pamuka utječe na vezanje nanopigmenata u procesu bojadisanja. Izmjerena su svojstva poput iskorištenja bojila, dubina obojenja (K/S, gdje je K koeficijent apsorpcije, a S koeficijent rasipanja), kao i postojanost obojene pamučne tkanine. Iskorištenje pigmenta bilo je usko povezano s koncentracijama kationskih reagensa, zatim pH kupelji, temperaturom i vremenskim trajanjem obrade. Također, ovi čimbenici također su utjecali na svojstva postojanosti boje obojene tkanine. Različite količine kationskih reagensa koji su korišteni u obradi mogu na površinu pamuka unijeti različit pozitivan naboj, što može utjecati na K/S vrijednosti. U svrhu istraživanja utjecaja koncentracije kationskih reagensa na K/S vrijednosti svaka je tkanina obrađena u različitim koncentracijama [17].

Dolazi do povećanja intenziteta boje, a razlog je između ostalog i taj što se povećava koncentracija kationskih reagensa. Što se tiče stupnja bjeline, istraživanja su pokazala da obrađene tkanine imaju niži stupanj bjeline od neobrađenih. Može se pretpostaviti da je razlog tome što je amonijak vezan u pamuku pa to rezultira smanjenjem bjeline tkanine pri zagrijavanju pri temperaturi od 80-100°C. Nadalje, u tablici 1 prikazane su karakteristike boje bojadisane tkanine [17].

**Tablica 1:** Bojadisarska svojstva tkanine obojene nanopigmentima [17]

| Koncentracija pigmenta | Tkanina    | K/S   | L     | a*    | b*     | c*    | h°     |
|------------------------|------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| 6%                     | obrađena   | 1,963 | 64,34 | 44,96 | -20,09 | 49,25 | 335,92 |
|                        | neobrađena | 1,801 | 65,74 | 44,95 | -22,48 | 50,25 | 333,43 |
| 18%                    | obrađena   | 5,852 | 52,28 | 55,95 | -14,85 | 57,89 | 345,13 |
|                        | neobrađena | 4,316 | 55,84 | 54,22 | -17,86 | 57,09 | 341,76 |
| 24%                    | obrađena   | 7,412 | 49,32 | 57,38 | -12,97 | 58,72 | 347,26 |
|                        | neobrađena | 4,750 | 54,95 | 53,26 | -17,07 | 55,93 | 342,23 |



Rezultati pokazuju da je intenzitet obojenja veći kod obrađenog nego kod neobrađenog pamuka. Isto tako, povećanjem koncentracije pigmenta, povećava se i razlika u boji između obrađenog i neobrađenog uzorka [16]. Rezultati istraživanja postojanosti boje prikazani su u Tablici 2.

**Tablica 2:** Postojanost bojila u različitim koncentracijama kationskog reagensa [17]

| Koncentracija (%) | Postojanost na trenje |       | Postojanost na pranje |          |
|-------------------|-----------------------|-------|-----------------------|----------|
|                   | Suho                  | Mokro | mrlja                 | promjena |
| 0                 | 2                     | 1-2   | 4                     | 3-4      |
| 2                 | 2-3                   | 3     | 4-5                   | 4-5      |
| 4                 | 4                     | 3-4   | 4-5                   | 4-5      |
| 6                 | 4                     | 4     | 5                     | 4-5      |

Vidljivo je da se ocjena postojanosti boje povećava što je veća koncentracija reagensa za kationiziranje. Što se tiče postojanosti na mokro i suho trenje, najveću ocjenu imaju pri koncentraciji od 4 i 6% dok je u isto vrijeme postojanost na pranje također prihvatljiva [17].

## 2.8. Međudjelovanje svjetlosti i tvari

Svjetlo koje iz nekog izvora dolazi na površinu može se reflektirati, apsorbirati, raspršivati ili transmitirati. Modifikacija svjetla uvelike ovisi o svojstvima samog sloja. Različiti materijali različito apsorbiraju ili raspršuju svjetlost. Može se reći da svaki obojeni materijal ima jedinstveno svojstvo raspršivanja ili apsorpcije svjetlosti. Isto tako, svojstva veziva također utječu na ove parametre. Postoje teorije za izračunavanje optičkih svojstava materijala, koeficijenta apsorpcije i rasipanja. Najjednostavniju metodu definirali su Kubelka i Munk 1931. godine. Kubelka i Munk pretpostavili su da svjetlost udara na površinu difuzno i smatra se raspršenom u samo dva smjera, prema dolje i gore. Prema tome, reflektirana svjetlost s površine materijala ovisi o debljini sloja, koeficijentima raspršivanja i apsorpcije obojenih materijala. Čim svjetlost bude u doticaju s bojilom, snop se podvrgne refrakciji i dio svjetla se odbija. Prelomljena zraka koja ulazi u sloj bojila tada se podvrgava apsorpciji i raspršivanju, a kombinacija ova dva postupka stvara boju [18].

Refrakcija u unutrašnjosti sloja odvija se prema Snellovom zakonu, koji kaže da kada svjetlost koja putuje kroz sredinu indeksa loma  $n_1$  naiđe na medij indeksa loma  $n_2$ , svjetlosni snop je savijen pod kutom u skladu s jednadžbom:

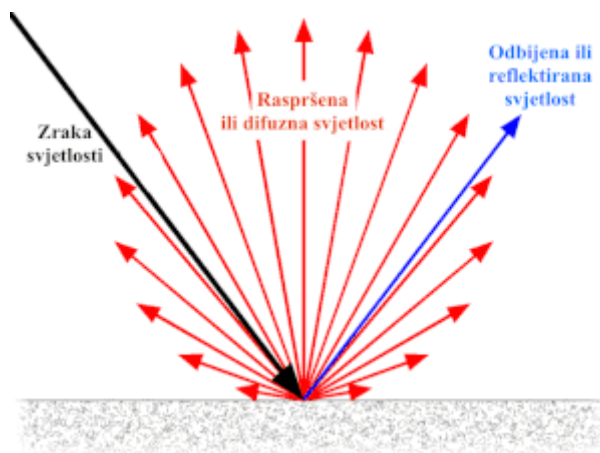
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_1}{n_2}$$

Osvijetljenost plohe veća je ako na nju pada svjetlost iz dvaju ili više izvora. Pri odbijanju, točnije, refleksiji svjetlosti upadni je kut jednak kutu refleksije, a upadna i reflektirana zraka leže u istoj ravnini, okomitoj na plohu refleksije. Postoje nekoliko zakona refleksije, a to su:

- lomljena zraka, točnije upadna zraka i okomica na granicu sredstava leže u istoj ravnini
- Snellov zakon koji kaže da je  $\sin \alpha / \sin \beta = n_2 / n_1$ , a gdje je  $\alpha$  kut upadne zrake,  $\beta$  je kut loma, dok su  $n_1$  i  $n_2$  indeksi loma sredstva iz kojega zrake dolaze i sredstva u koje ulaze.

Što je indeks loma veći, veća je promjena pravca, odnosno veći je lom svjetlosti a optičko sredstvo je gušće. Dio snopa svjetlosti se ne odbija o površinu, već dolazi do prelamanja svjetlosti u sloju boje. Ovo svjetlo naići će na čestice pigmenta, koje će ga rasipati u svim smjerovima. Opseg tog rasipanja ovisit će o veličini čestica i razlici loma svjetlosti između čestica pigmenta i medija u kojem se dispergiraju. Bijela tekstilna vlakna i tkanine stvaraju visok udio difuzno reflektirane svjetlosti, bilo zbog rasipanja u vezama u mikrofibrilarnoj strukturi prirodnih vlakana poput pamuka, vune i svile ili, u slučaju sintetičkih vlakana, zbog prisutnosti titan dioksidnog pigmenta u vlaknima [18].

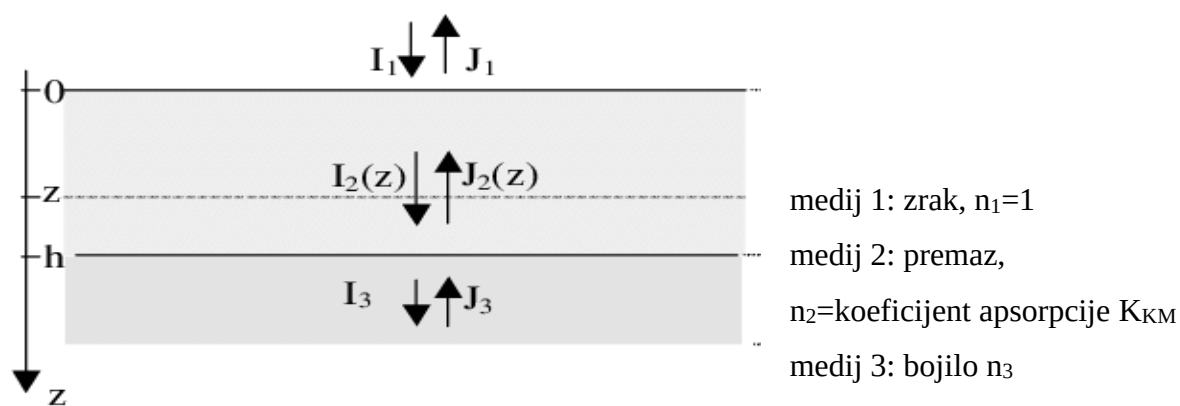
U praksi će se uspostaviti ravnoteža između spekularne i difuzne reflektirane svjetlosti, što se može opisati polarnom refleksijom ili krivuljom refleksije goniofotometra.



**Slika 6:** Primjer polarne refleksije [19]

Da bi se procijenio sjaj, određen udjelom spekularne komponente, uzorak treba gledati pod kutom jednakim upada, tj. pod  $60^\circ$ . Opseg difuzne komponente tada se procjenjuje gledanjem pod pravim kutom na površinu (to jest, pod kutom upada od  $0^\circ$ ). Na taj način smjer reflektirane svjetlosti igra veliku ulogu u izgledu površine. Ako je koncentrirana u uskom području pod kutom jednakim kutu upada, površina će se činiti sjajnom, tj. imat će visoku spekularnu refleksiju. Suprotno tome, ako se odražava neselektivno pod svim kutovima, imat će visoku difuznu refleksiju i pojavit će se matirano. Sjaj se obično procjenjuje instrumentalno pod visokim kutovima ( $60$  ili  $85^\circ$ ), jer je pri takvim kutovima važna zrcalna komponenta (čak i 'matirana' površina boje pokazuje nešto sjaja pod visokim ili upadnim kutovima) [18].

Većina neprozirnih obojenih predmeta osvijetljenih bijelom svjetlošću proizvode difuzno reflektirano obojeno zračenje kombinacijom procesa apsorpcije i raspršivanja svjetlosti. Kao što je već rečeno, neke od glavnih karakteristika Kubelka-Munk analize su da se bavi difuznim monokromatskim zračenjem i obrađuje samo dva strujanja (difuzno svjetlo koje putuje prema gore ili prema dolje) kroz homogeni apsorpcijski i raspršujući medij. Gubitak svjetlosti kroz rubove se zanemaruje, kao i površina zbijene unutarnje reflektirane komponente svjetlosnog snopa. Ostale pretpostavke poput jednolike raspodjele boja i pigmenata i nedostatak interakcija među njima također se ne ostvaruju. Takvi čimbenici dovode do nelinearnosti funkcije Kubelka-Munk ako se mjere u širokim rasponima koncentracija [18].



**Slika 7:** Primjer Kubelka-Munk analize [20]

Boja nastaje u obojenom ili pigmentiranom materijalu kao rezultat selektivne apsorpcije zračenja unutar vidljivog dijela elektromagnetskog spektra. Postoji povezanost između nijanse obojenog uzorka i područja valne duljine preko kojih je apsorpcija svjetla jaka. Treba napomenuti kako je boja zapravo određena (barem u normalnim uvjetima osvijetljenja i

gledanja) uglavnom spektralnom raspodjelom energije zračenja reflektiranog iz obojenog neprozirnog uzorka. Također, vrlo je važno da se boja definira kroz tri vizualne karakteristike, a to su: (a) ton, (b) zasićenost/kroma, (c) svjetlina [18].

Mjerenja koja su temeljena prema Beer-Lambertovom zakonu pokazuju promjene koeficijenata apsorpcije u otopini tri kisela bojila različitog tona, u usporedbi s odgovarajućim koeficijentima ( $Kd/Sf$ ), a koja su dobivena mjerenjem refleksije vunenog materijala koji je obojan s istim bojilima. Krivulje apsorpcije otopine iznenađujuće su slične krivuljama apsorpcije dobivenih analizom Kubelka-Munk. Žuta boja koja je u bliskom UV području apsorbira u plavom vidljivom dijelu spektra s maksimalnom apsorpcijom  $\lambda_{max}$  blizu 400 nm, crvena boja apsorbira u zelenom dijelu ( $\lambda_{max}$  oko 510 nm), a plava boja apsorbira u narančasto-crvenom dijelu  $\lambda_{max}$  oko 610 nm. Opći odnos između promatrane nijanse i područja valne duljine u kojem leži najveća vrijednost prikazan je u tablici 3 [18].

**Tablica 3:** Odnos apsorpcije i nijanse boje [18]

| Valna duljina apsorpcije/ nm | Vidljiva boja     |
|------------------------------|-------------------|
| 400–430 (ljubičasto-plava)   | žuta              |
| 430–470 (plava)              | narančasta        |
| 470–500 (plavo-zelena)       | narančasto-crvena |
| 500–540 (zelena)             | crveno-grimizna   |
| 540–570 (žuto-zelena)        | grimizna          |
| 570–590 (žuta)               | ljubičasta        |
| 590–610 (narančasta)         | plava             |
| 610–700 (narančasto-crvena)  | zeleno-plava      |

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

Cilj rada je istraživanje i analiza pigmentnog otiska na uzorcima standardne pamučne tkanine, neobrađene i modificirane postupkom kationiziranja. Uzorci su otisnuti postupkom digitalnog tekstilnog tiska te su analizirani s aspekta pokrivenosti površine, egalnosti nanosa i kolorimetrijskih vrijednosti. Također, provelo se i ispitivanje postojanosti na pranje, standardnim postupkom i s pojačanim mehaničkim naprezanjem te se provela analiza promjena boje otisaka objektivnom kolorimetrijskom metodom. Uzorci su analizirani i mikroskopskim snimanjem površine kako bi se utvrdila pojava i stupanj mehaničkog oštećenja polimernog sloja s vezanim pigmentom na površini tekstilnog materijala.

#### 3.1. Karakterizacija materijala

Za provedbu istraživanja u ovom radu izabrana je tkanina sirovinskog sastava 100% pamuk, u platno vezu P1/1 slijedećih fizikalno mehaničkih karakteristika:

- Za neobrađenu tkaninu izmjerena je plošna masa  $170 \text{ g/m}^2$ , gustoća osnove i potke je 27/27 niti po/cm, a finoća pređe 295 dtex/295 dtex.
- Kod uzorka obrađenog kationiziranjem (sredstvo za kationiziranje – Rewin DWR) tijekom mercerizacije, dolazi do promjene gustoće i plošne mase te je izmjerena plošna masa  $185 \text{ g/m}^2$ , a gustoća osnove i potke je 29/28,5 niti/cm.

#### 3.2. Modifikacija pamučne tkanine postupkom kationiziranja

Postupak modifikacije pamučne tkanine proveden je sredstvom za kationiziranje trgovačkog naziva Rewin DWR, proizvođača CHT Bezema. Prema tehničkoj specifikaciji proizvođača, karakteristike Rewin DWR sredstva za kationiziranje prikazane su u Tablici 4.

**Tablica 4:** Karakteristike sredstva za kationiziranje Rewin DWR

| Kemijski karakter           | Izgled                | Ionski karakter | pH        | Specifična masa (T=20°C) |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Reaktivni poliamonijev spoj | Bistra, žuta tekućina | Kationski       | 3,0 - 4,0 | 1,1                      |

Revin DWR je stabilan u prisutnosti sulfatnih iona, slabih i jakih kiselina, ali nije stabilan u prisutnosti lužina. Kompatibilan je s neionskim i kationskim sredstvima te je osjetljiv na temperature više od 40°C. Kationiziranje pamučne tkanine provedeno je tijekom postupka mercerizacije koja je provedena na laboratorijskom aparatu džigeru (slika 8), kontinuiranom brzinom od  $v=3m/min$ , uz rasteg 0%, temperaturu 20°C, s 5 prolaza kroz kupelj.



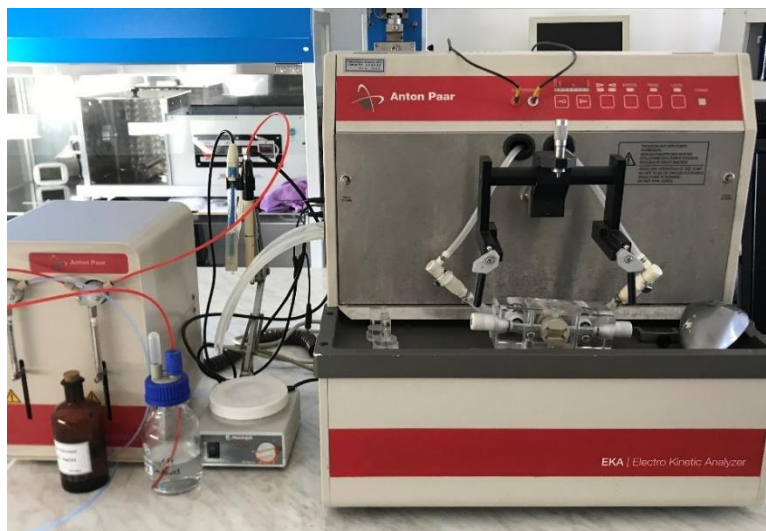
**Slika 8:** Laboratorijski aparat džiger

Obrade pamučne tkanine (kationiziranje tijekom mercerizacije) provedena je prema slijedećem postupku:

- Kupelj za mercerizaciju pripremljena je s natrijevom lužinom, NaOH, koncentracije 24% uz dodatak 5 g/L anionskog sredstva za kvašenje trgovačkog naziva Subitol MLF proizvođača CHT Bezema.
- Nakon prolaza pamučne tkanine kroz kupelj za mercerizaciju, ispušta se lužina te se uvodi kupelj za kationiziranje koja sadrži 50 g/L sredstva Revin DWR.
- Tako obrađena pamučna tkanina odležava u zatvorenom sustavu 24 sata
- Slijedi vruće ispiranje destiliranom vodom na 80-90°C te 2x hladno ispiranje
- Pamučna tkanina se u daljnjem postupku neutralizira s 5% octenom kiselinom ( $CH_3COOH$ ), nakon čega slijedi hladno ispiranje u svrhu postizanja neutralnog pH te sušenje na zraku.

### 3.3. Mjerenje elektrokinetičkog potencijala

U svrhu usporedbe neobrađene i obrađene pamučne tkanine s aspekta površinskog naboja te kasnije analize utjecaja na formiranje površinskog pigmentnog sloja, provedeno je mjerenje elektrokinetičkog (zeta  $\zeta$ ) potencijala, primjenom laboratorijskog aparata - elektrokinetičkog analizatora EKA tvrtke A. Paar (slika 9).



**Slika 9:** Elektrokinetički analizator EKA

Mjerenje elektrokinetičkog (zeta  $\zeta$ ) potencijala provedeno je prema slijedećim uvjetima:  $m_{\text{uzorka}} = 0,2000 \text{ g}$ ;  $V_{\text{KCl}} = 500 \text{ ml}$ ;  $c_{\text{KCl}} = 10^{-3} \text{ mol/l}$ ;  $d = 0,55 \text{ mm}$  (razmak elektroda);  $p = 300 \text{ mbar}$ ; pH 2,5 do 10. Instrument je povezan s računalom te se tijekom mjerenja računalno prati promjena potencijala ovisno o promjeni temperature, tlaku, vodljivosti i pH. Rezultate izmjerenog zeta potencijala izračunava sam instrument, automatski, prema Helmholtz-Smoluchowsky jednadžbi.

### 3.4. Tisak pamučnih uzoraka

Tisak pamučnih uzoraka proveden je digitalnom InkJet tehnikom na stroju za digitalni tekstilni InkJet tisak Azon Tex Pro (Slika 10), tvrtke Azonprinter d.o.o., s mikro piezo tiskarskom glavom i s pigmentnom tiskarskom bojom na vodenoj bazi. Maksimalna rezolucija ispisa stroja je 1440 dpi.



**Slika 10:** Azon Tex Pro stroj za digitalni tekstilni InkJet tisak

Tisak je proveden na uzorcima neobrađene standardne pamučne tkanine te na uzorcima standardne pamučne tkanine modificirane postupkom kationiziranja tijekom mercerizacije. Također, i jedna i druga vrsta tkanine tiskana je bez i sa dodatkom površinskog veziva. Korišteno je komercijalno vezivo *Azon Pigment Pre-treatment Solution* proizvođača Azonprinter d.o.o. Tehnička specifikacija veziva prikazana je u Tablici 5.

**Tablica 5:** Tehnička specifikacija veziva (komponente u % na masu)

| Voda  | Anorganski<br>nitrati | Akrilni polimer | Formaldehid |
|-------|-----------------------|-----------------|-------------|
| 65-85 | 10-20                 | 5-15            | <0,02       |

### 3.5. Ispitivanje postojanosti na pranje

Ispitivanje postojanosti na pranje provedeno je sa i bez dodatnog mehaničkog opterećenja, na svim pripremljenim uzorcima, u laboratorijskom aparatu za procese mokrog oplemenjivanja i bojadisanja *Polycolor*, tvrtke Werner Mathis AG (Slika 11).





**Slika 11:** Laboratorijski aparat za mokro oplemenjivanje i bojadisanje, Polycolor

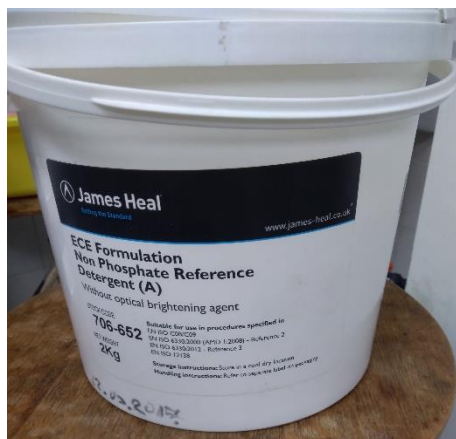
Ispitivanje postojanosti na pranje provedeno je prema standardu ISO 105-C06:2010 (A2S) Tekstil – Ispitivanje postojanosti obojenja – dio C06: Postojanost obojenja na kućno i komercijalno pranje (*Textiles — Tests for colour fastness — Part C06: Colour fastness to domestic and commercial laundering*). Za učinak pojačanog mehaničkog djelovanja, u kupelji za pranje korišteno je po 10 kuglica, promjera 6 mm, od nehrđajućeg čelika. Pranje je provedeno na temperaturi 40°C u trajanju od 45 min.

Receptura kupelji za pranje:

- 1 g/L  $\text{Na}_2\text{BO}_3 \cdot \text{xH}_2\text{O}$
- 4 g/L standardnog deterdženta (James Heal ECE A, bez optičkog bjelila)
- omjer kupelji: 1:200
- volumen kupelji: 1500 mL
- volumen kupelji u kivetu: 150 mL

Analiza postojanosti na pranje spektrofotometrijskim mjerenjem promjene obojenja i mikroskopskim snimanjem promjena otisnute površine, provedena je nakon prvog, trećeg, petog, sedmog te desetog ciklusa pranja. U Tablici 6 prikazana je specifikacija sastava standardnog deterdženta za pranje u postupcima ispitivanja postojanosti na pranje.

**Tablica 5:** Specifikacija standardnog deterdženta za pranje



- Linearni natrij alkil benzen sulfonat: 8,0%
- Etoksilirani lojni alkohol: 2,9%
- Natrijev sapun, duljina lanca  $C_{12-16}$  13% - 26% ,  $C_{18-22}$  74%- 87% : 3,5%
- Natrijev tripolifosfat: 43,7%
- Natrijev silikat ( $SiO_2:Na_2O= 3,3:1$ ): 7.5%
- Magnezijev silikat: 1,9%
- Karboksimetil-celuloza (CMC): 1,2%
- Etilendiamintetraoctena kiselina (EDTA): 0,2%
- Natrijev sulfat: 21,0%
- Optičko bjelilo: 0,2%
- Voda: 9,9%

**Slika 12:** Prikaz deterdženta

### **3.6. Mikroskopska analiza otisnutih uzoraka prije i nakon pranja (snimanje mikroskopom DinoLite)**

Mikroskopom Dino Lite AM7013MT (Slika 13) snimljeni su uzorci tiskani prije pranja te poslije svakog ciklusa pranja, u svrhu utvrđivanja pokrivenosti pigmenta na pamučnoj tkanini. Mikroskopske slike su snimljene s uvećanjem 50x.



**Slika 13:** Mikroskop DinoLite AM7013MT

### **3.7. Spektrofotometrijsko mjerenje**

Spektrofotometrijska analiza otisnutih uzoraka, prije i nakon definiranih ciklusa pranja, provedena je mjerenjem uzoraka remisijskim spektrofotometrom DataColor Spectraflash

SF600+CT (Slika 16). Pratili su se koloristički parametri  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h$ , dubina obojenja (K/S) i remisijske vrijednosti.



**Slika 14:** Remisijski spektrofotometar DataColor Spectraflash SF600+CT

### 3.8. Označavanje uzoraka

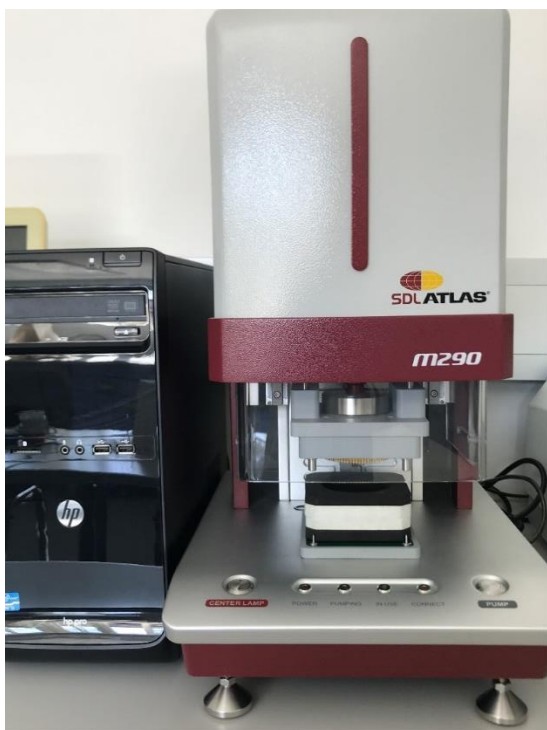
U Tablici 6, prikazan je sustav označavanja uzoraka obzirom na vrstu predobarde i uvjete pranja te će u daljnjem radu biti korištene navedene oznake (kratice) umjesto punih naziva uzoraka.

**Tablica 6:** Prikaz označavanja uzoraka

|                                                                      |          |
|----------------------------------------------------------------------|----------|
| Nekationizirani, bez nanosa veziva – prije pranja (nulti uzorak)     | NK_BP    |
| Nekationizirani s nanosom veziva – prije pranja                      | NK_P     |
| Nekationizirani bez veziva – pranje bez mehaničkog opterećenja       | NK_BP_BK |
| Nekationizirani bez veziva – pranje s mehaničkim opterećenjem        | NK_BP_SK |
| Nekationizirani s nanosom veziva – pranje bez mehaničkog opterećenja | NK_P_BK  |
| Nekationizirani s nanosom veziva – pranje s mehaničkim opterećenjem  | NK_P_SK  |
|                                                                      |          |
| Kationizirani bez nanosa veziva – prije pranja                       | K_BP     |
| Kationizirani s nanosom veziva – prije pranja                        | K_P      |
| Kationizirani bez nanosa veziva – pranje bez mehaničkog opterećenja  | K_BP_BK  |
| Kationizirani bez nanosa veziva – pranje s mehaničkim opterećenjem   | K_BP_SK  |
| Kationizirani s nanosom veziva – pranje bez mehaničkog opterećenja   | K_P_BK   |
| Kationizirani s nanosom veziva – pranje s mehaničkim opterećenjem    | K_P_SK   |

### 3.9. Ispitivanje sposobnosti upravljanja vlagom i mjerenje kontaktnog kuta kapljice na površini tekstilnog materijala

Kao preliminarna ispitivanja, kako bi se stekao uvid u karakteristike tekstilnog materijala obzirom na strukturu i predobradu, a vezano uz sposobnost prijenosa kapljevite vlage, provedeno je ispitivanje sposobnosti prijenosa vlage na otisnutom neobrađenom i kationiziranom uzorku, sa i bez dodatka veziva. Ispitivanje je provedeno prema AATCC 195-2017 Liquid Moisture Management Properties of Textile Fabrics na uređaju za ispitivanje sposobnosti upravljanja vlagom (Moisture Management Tester, MMT).



**Slika 15:** Uređaj za ispitivanje sposobnosti upravljanja vlagom



**Slika 16:** Uređaj za mjerenje kontaktnog kuta kapljice

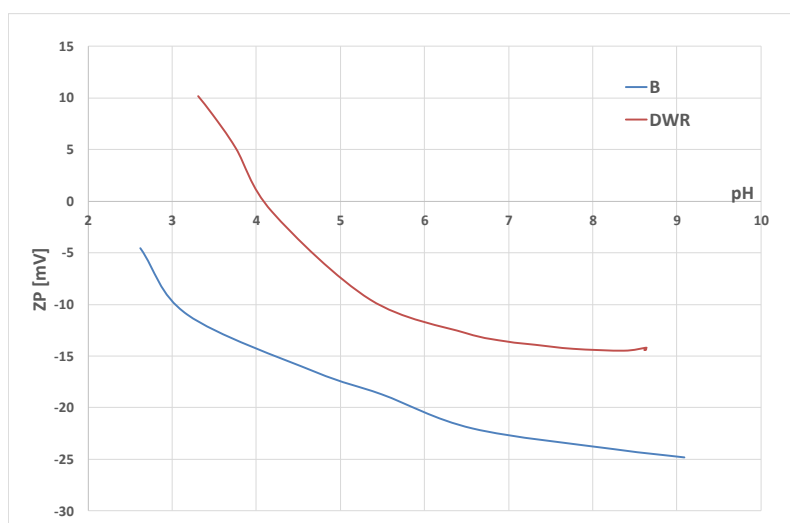
Nadalje, provedena su mjerenja kontaktnog kuta kapljice s površinom tekstilnog materijala na otisnutom neobrađenom i kationiziranom uzorku, sa i bez dodatka veziva. Mjerenje se provodilo na instrumentu DSA (Drop Shape Analyzer- DSA25), pomoću metode viseće kapi, točnije, Sessile drop metode.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

U radu je istraživao utjecaj predobrade pamučne tkanine na karakteristike digitalnog InkJet otiska. Objektivnom, spektrofotometrijskom analizom praćene su promjene u obojenju za svaku pojedinu boju otiska, obzirom na predobradu i na kasnije uvjete pranja. Također, analiziran je i izgled površine metodom mikroskopskog snimanja čime su se pratile promjene u pokrivenosti i ravnomjernosti površinskog pigmentnog nanosa. Za pigmentni tisak karakteristično je površinsko, mehaničko vezanje djelovanjem veziva i formiranjem površinske polimerne umrežene strukture u koju se ugrađuje pigment. Karakteristike tako formiranog filma ovisit će značajno, osim o karakteristikama pigmenta i veziva, o kemijskoj i fizikalno-mehaničkoj karakteristici površine na koju se veže pigment.

Stoga se u radu istražio utjecaj modifikacije pamučne tkanine postupkom kationiziranja tijekom mercerizacije te utjecaj količine veziva i posljedično, debljine polimernog sloja na karakteristike otiska s aspekta karakteristike boje i postojanosti na pranje.

Kao preliminarna ispitivanja provedena su mjerenja električnog potencijala neobrađene pamučne tkanine i tkanine modificirane kationiziranjem. Na slici 17 prikazan je odnos elektrokinetičkog (zeta  $\zeta$ ) potencijala neobrađene pamučne tkanine i tkanine modificirane kationskim sredstvom Revin DWR te je kod kationiziranog pamuka vidljiva promjena elektrokinetičkog potencijala prema pozitivnijim vrijednostima.



**Slika 17:** Razlika između zeta potencijala kod neobrađenog uzorka i kod uzorka obrađenog kationskim sredstvom Rewin DWR

Provedena su i ispitivanja sposobnosti upravljanja vlagom (Moisture management tester, MMT) i mjerenja kontaktnog kuta kapljice s površinom tekstilnog materijala (Drop Shape Analyzer – DSA25). Cilj je bio ispitati utjecaj predobrade tekstilnog materijala na formiranje, razlijevanje i prodor kapljice u strukturu materijala, kao i prolaz kapljice kroz materijal, obzirom da su mehanizmi prodora i širenja kapljice temeljni mehanizmi odnosa tiskarske boje i tekstilne površine u procesima digitalnog tiska. Ispitivanje sposobnosti upravljanja vlagom provodi se kako bi se utvrdila apsorptivnost, vodo-odbojnost i vodo-otopornost tkanine, što uvelike ovisi o samoj strukturi tkanine. U tablici 7 prikazana je klasifikacija tekstilnih podloga ovisno o svojstvu upravljanja vlagom.

**Tablica 7:** Glavni tipovi tekstilija i njihova svojstva [21]

| Vrsta tekstilne podloge            | Svojstvo                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vodonepropusna                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- vrlo spora apsorpcija</li> <li>- sporo razlijevanje</li> <li>- nema jednosmjernog prijenosa, nema prodora vlage</li> </ul>                                                                                                               |
| Vodo-odbojna                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- nema vlaženja</li> <li>- nema apsorpcije</li> <li>- nema razlijevanja</li> <li>- slab jednosmjernan prijenos bez primjene vanjske sile</li> </ul>                                                                                        |
| Sporo apsorbirajuća i sporo sušeća | <ul style="list-style-type: none"> <li>- spora apsorpcija</li> <li>- sporo razlijevanje</li> <li>- slab jednosmjernan prijenos</li> </ul>                                                                                                                                         |
| Brzo apsorbirajuća i sporo sušeća  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- srednje do brzo vlaženje</li> <li>- srednja do brza apsorpcija</li> <li>- malo područje razlijevanja</li> <li>- sporo razlijevanje</li> <li>- slab jednosmjernan prijenos</li> </ul>                                                     |
| Brzo apsorbirajuća i brzo sušeća   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- srednje do brzo vlaženje</li> <li>- srednja do brza apsorpcija</li> <li>- veliko područje razlijevanja</li> <li>- brzo razlijevanje</li> <li>- slab jednosmjernan prijenos</li> </ul>                                                    |
| Sa sposobnošću prodiranja vlage    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- malo područje razlijevanja</li> <li>- izvrstan jednosmjernan prijenos</li> </ul>                                                                                                                                                         |
| Sa sposobnošću upravljanja vlagom  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- srednje do brzo vlaženje</li> <li>- srednja do brza apsorpcija</li> <li>- veliko područje razlijevanja po donjoj površini</li> <li>- brzo razlijevanje po donjoj površini</li> <li>- dobar do izvrstan jednosmjernan prijenos</li> </ul> |

Jedno od najvažnijih svojstava koja se ispituju MMT analizom je ukupna sposobnost upravljanja vlagom (OMMC). Izražava se indeksom koji ukazuje na ukupnu sposobnost tkanine za upravljanje vlagom, a uključuje sljedeće parametre:

- Prirast apsorpcije vlage na donjoj površini
- Sposobnost jednosmjernog prijenosa
- Brzina sušenja na donjoj površini [21].

Trebalo bi napomenuti da se OMMC može ocijeniti ocjenama od 1 do 5, gdje je ocjena 1 loša ukupna sposobnost tkanine za upravljanje vlagom, a ocjena 5 odlična sposobnost.

Što se tiče Drop Shape Analyzer goniometra, to je instrument kojim se mjeri kontaktni kut kapljice s tekstilnom površinom i vrijeme nestajanja (upijanja ili razlijevanja) kapljice, kao i vlaženje te prijanjanje na čvrstim površinama [22].

Rezultati ispitivanja sposobnosti upravljanja vlagom, kao i rezultati mjerenja kontaktnog kuta kapljice prikazani su u tablicama 8 do 11.

**Tablica 8:** Sposobnost upravljanja kapljevitom vlagom i rezultati mjerenja kontaktnog kuta kapljice (DSA) nekationiziranih uzoraka bez nanosa veziva, s otiskom u koncentraciji pigmenta 50% (P50) i 100% (P100)

|           |   | NK-BP              |                        | NK-BP (P50)        |                        | NK-BP (P100)       |                        |
|-----------|---|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|           |   | Srednja vrijednost | Koeficijent varijacije | Srednja vrijednost | Koeficijent varijacije | Srednja vrijednost | Koeficijent varijacije |
| WT (s)    | T | 1,591              | 0                      | 3,838              | 0                      | 4,399              | 0                      |
|           | B | 1,404              | 0                      | 4,025              | 0                      | 4,306              | 0                      |
| AR (%/s)  | T | 44,0301            | 0                      | 45,008             | 0                      | 71,6785            | 0                      |
|           | B | 55,3022            | 0                      | 71,056             | 0                      | 69,3328            | 0                      |
| MWR (mm)  | T | 20                 | 0                      | 25                 | 0                      | 25                 | 0                      |
|           | B | 25                 | 0                      | 25                 | 0                      | 25                 | 0                      |
| SS (mm/s) | T | 4,2088             | 0                      | 3,426              | 0                      | 3,164              | 0                      |
|           | B | 4,7874             | 0                      | 3,333              | 0                      | 3,2389             | 0                      |
| R (%)     |   | 64,7116            | 0                      | 13,3703            | 0                      | -37,7481           | 0                      |
| OMMC      |   | 0,5033             | 0                      | 0,4344             | 0                      | 0,3717             | 0                      |
|           |   |                    |                        |                    |                        |                    |                        |
| DSA       |   | CA (m)             | T (s)                  | CA (m)             | T (s)                  | CA (m)             | T (s)                  |
|           |   | /                  | /                      | /                  | /                      | /                  | /                      |

**Značenje simbola:** T - gornja površina; B - donja površina; WT - vrijeme vlaženja, AR - prirast apsorpcije; MWR - maksimalni promjer vlaženja; SS - brzina razlijevanja, R - akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa; OMMC - ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom; DSA (Drop Shape Analyser) - instrumentalna metoda mjerenja kontaktnog kuta kapljice na površini tekstilnog materijala i vremena nestajanja kapljice (upijanja/razlijevanja) s površine; CA(m) - kontaktni kut srednja vrijednost; T - vrijeme nestajanja (upijanja/razlijevanja) kapljice u sekundama.

**Tablica 9:** Sposobnost upravljanja kapljevitom vlagom i rezultati mjerenja kontaktnog kuta kapljice (DSA) nekationiziranih uzoraka s nanosom veziva, s otiskom u koncentraciji pigmenta 50% (P50) i 100% (P100)

|           |   | NK-P               |                        | NK-P (P50)         |                        | NK-P (P100)        |                        |
|-----------|---|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|           |   | Srednja vrijednost | Koeficijent varijacije | Srednja vrijednost | Koeficijent varijacije | Srednja vrijednost | Koeficijent varijacije |
| WT (s)    | T | 14,976             | 0                      | 14,882             | 0                      | 18,533             | 0                      |
|           | B | 22,558             | 0                      | 15,0569            | 0                      | 27,331             | 0                      |
| AR (%/s)  | T | 89,1352            | 0                      | 41,0788            | 0                      | 112,0981           | 0                      |
|           | B | 47,4091            | 0                      | 54,3278            | 0                      | 20,2594            | 0                      |
| MWR (mm)  | T | 5                  | 0                      | 5                  | 0                      | 5                  | 0                      |
|           | B | 5                  | 0                      | 5                  | 0                      | 5                  | 0                      |
| SS (mm/s) | T | 0,3297             | 0                      | 0,3318             | 0                      | 0,2671             | 0                      |
|           | B | 0,2198             | 0                      | 0,3277             | 0                      | 0,1817             | 0                      |
| R (%)     |   | 145,6507           | 0                      | 174,5847           | 0                      | -42,054            | 0                      |
| OMMC      |   | 0,3213             | 0                      | 0,3727             | 0                      | 0,0373             | 0                      |
|           |   |                    |                        |                    |                        |                    |                        |
| DSA       |   | CA (m)             | T (s)                  | CA (m)             | T (s)                  | CA (m)             | T (s)                  |
|           |   | 49,76              | 42                     | 76,82              | 28                     | 81,16              | 15                     |

**Značenje simbola:** T - gornja površina; B - donja površina; WT - vrijeme vlaženja, AR - prirast apsorpcije; MWR - maksimalni promjer vlaženja; SS - brzina razlijevanja, R - akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa; OMMC - ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom; DSA (Drop Shape Analyser) - instrumentalna metoda mjerenja kontaktnog kuta kapljice na površini tekstilnog materijala i vremena nestajanja kapljice (upijanja/razlijevanja) s površine; CA(m) - kontakti kut srednja vrijednost; T - vrijeme nestajanja (upijanja/razlijevanja) kapljice u sekundama

**Tablica 10:** Sposobnost upravljanja kapljevitom vlagom i rezultati mjerenja kontaktnog kuta kapljice (DSA) kationiziranih uzoraka bez nanosa veziva, s otiskom u koncentraciji pigmenta 50% (P50) i 100% (P100)

|           |   | K-BP               |                        | K-BP (P50)         |                        | K-BP (P100)        |                        |
|-----------|---|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|           |   | Srednja vrijednost | Koeficijent varijacije | Srednja vrijednost | Koeficijent varijacije | Srednja vrijednost | Koeficijent varijacije |
| WT (s)    | T | 16,661             | 0                      | 9,641              | 0                      | 13,292             | 0                      |
|           | B | 16,755             | 0                      | 9,734              | 0                      | 13,479             | 0                      |
| AR (%/s)  | T | 119,7648           | 0                      | 23,5915            | 0                      | 35,0411            | 0                      |
|           | B | 17,5191            | 0                      | 29,1045            | 0                      | 40,1866            | 0                      |
| MWR (mm)  | T | 10                 | 0                      | 15                 | 0                      | 20                 | 0                      |
|           | B | 15                 | 0                      | 15                 | 0                      | 20                 | 0                      |
| SS (mm/s) | T | 0,4525             | 0                      | 0,8278             | 0                      | 1,0012             | 0                      |
|           | B | 0,4839             | 0                      | 0,8208             | 0                      | 0,9611             | 0                      |
| R (%)     |   | 151,6562           | 0                      | 236,274            | 0                      | 165,1668           | 0                      |
| OMMC      |   | 0,2449             | 0                      | 0,3712             | 0                      | 0,3229             | 0                      |
|           |   |                    |                        |                    |                        |                    |                        |
| DSA       |   | CA (m)             | T (s)                  | CA (m)             | T (s)                  | CA (m)             | T (s)                  |
|           |   | 75,99              | 43                     | 95,01              | 16                     | 86,84              | 9                      |

**Značenje simbola:** T - gornja površina; B - donja površina; WT - vrijeme vlaženja, AR - prirast apsorpcije; MWR - maksimalni promjer vlaženja; SS - brzina razlijevanja, R - akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa; OMMC - ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom; DSA (Drop Shape Analyser) - instrumentalna metoda mjerenja kontaktnog kuta kapljice na površini tekstilnog materijala i vremena nestajanja kapljice



(upijanja/razlijevanja) s površine; CA(m) - kontakti kut srednja vrijednost; T - vrijeme nestajanja (upijanja/razlijevanja) kapljice u sekundama

**Tablica 11:** Sposobnost upravljanja kapljevitom vlagom i rezultati mjerenja kontaktnog kuta kapljice (DSA) kationiziranih uzoraka s nanosom veziva, s otiskom u koncentraciji pigmenta 50% (P50) i 100% (P100)

|           |   | K-P                |                        | K-P (P50)          |                        | K-P (P100)         |                        |
|-----------|---|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|           |   | Srednja vrijednost | Koeficijent varijacije | Srednja vrijednost | Koeficijent varijacije | Srednja vrijednost | Koeficijent varijacije |
| WT (s)    | T | 8,424              | 0                      | 10,5377            | 0                      | 13,947             | 0                      |
|           | B | 17,597             | 0                      | 11,139             | 0                      | 14,134             | 0                      |
| AR (%/s)  | T | 107,7135           | 0                      | 58,8322            | 0                      | 118,6185           | 0                      |
|           | B | 18,3504            | 0                      | 48,882             | 0                      | 29,2424            | 0                      |
| MWR (mm)  | T | 5                  | 0                      | 5                  | 0                      | 5                  | 0                      |
|           | B | 5                  | 0                      | 5                  | 0                      | 5                  | 0                      |
| SS (mm/s) | T | 0,5807             | 0                      | 0,4605             | 0                      | 0,3538             | 0                      |
|           | B | 0,2812             | 0                      | 0,4415             | 0                      | 0,3491             | 0                      |
| R (%)     |   | -122,94            | 0                      | 120,1511           | 0                      | 68,2805            | 0                      |
| OMMC      |   | 0,0232             | 0                      | 0,297              | 0                      | 0,1849             | 0                      |
| DSA       |   | CA (m)             | T (s)                  | CA (m)             | T (s)                  | CA (m)             | T (s)                  |
|           |   | 79,32              | 68                     | 86,90              | 43                     | 92,74              | 31                     |

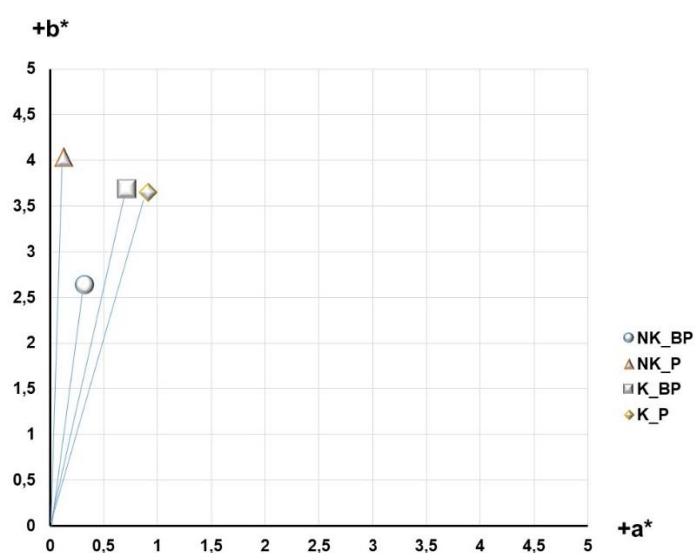
**Značenje simbola:** T - gornja površina; B - donja površina; WT - vrijeme vlaženja, AR - prirast apsorpcije; MWR - maksimalni promjer vlaženja; SS - brzina razlijevanja, R - akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa; OMMC - ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom; DSA (Drop Shape Analyser) - instrumentalna metoda mjerenja kontaktnog kuta kapljice na površini tekstilnog materijala i vremena nestajanja kapljice (upijanja/razlijevanja) s površine; CA(m) - kontakti kut srednja vrijednost; T - vrijeme nestajanja (upijanja/razlijevanja) kapljice u sekundama

Rezultati MMT analize pokazuju da uzorci pod oznakom NK\_BP, s nanosom pigmenta u koncentraciji od 50% i 100% pripadaju u skupinu brzo apsorbirajuće i brzo sušeće tekstilne podloge, što znači da imaju svojstva srednje do brzog vlaženja i apsorpcije. Velikom brzinom razlijevanja stvara se i velika površina samog razlijevanja. S druge strane, uzorci pod oznakama NK\_P i NK\_50 pripadaju u skupine tekstilnih podloga sa sposobnošću prodiranja vlage, dok uzorak NK\_P\_100 pripada skupini vodo-odbojnih podloga. Sva tri uzorka s oznakom K\_BP pripadaju skupini tekstilnih podloga sa sposobnošću upravljanja vlagom. Za uzorke pod oznakom K\_P i K\_P\_100 možemo reći da su vodo-odbojni dok je uzorak s oznakom K\_P\_50 u skupini podloga sa sposobnošću prodiranja vlage.

Rezultati pokazuju da nanos veziva, ali i povećanje koncentracije pigmenta uvelike utječe na apsorptivnost podloge. Kao što je vidljivo, nekationizirani uzorak koji na sebi nema nanos veziva pokazuje svojstvo brzo apsorbirajuće i brzo sušeće podloge, dok kod ostalih uzoraka to

nije slučaj. To se može objasniti činjenicom da pamuk u svojoj strukturi sadrži polarne molekule koje su zaslužne za vezivanje vode te svakom obradom, točnije, nanosom pigmenta ili veziva broj polarnih molekula u pamučnoj tkanini se smanjuje. To se potvrđuje i rezultatima dobivenim na DSA - Drop Shape Analyzer goniometru kojim se mjeri kontaktni kut kapljice s tekstilnom površinom i vrijeme nestajanja (upijanja ili razlijevanja) kapljice. Rezultati pokazuju da se vrijeme nestajanja kapljice kod uzoraka s dodanim vezivom i nanosom pigmenta znatno skraćuje, no pošto je MMT analiza pokazala da se radi o vodo-odbojnoj površini, može se reći da nije došlo do upijanja već razlijevanja/sklizanja kapljice po polimernom sloju veziva. Što se tiče OMMC, točnije ukupne sposobnosti tkanine za upravljanje vlagom, uzorci pod oznakama NK\_P; K\_P i K\_P\_100 ocijenjeni su ocjenom 1, što znači da imaju lošu ukupnu sposobnost upravljanja vlagom. Uzorci pod oznakama NK\_BP i NK\_BP\_50 ocijenjeni su ocjenom 3 što znači da pripadaju skupini koja ima dobru ukupnu sposobnost upravljanja vlagom, a ostali uzorci su ocijenjeni ocjenom 2 što znači da imaju zadovoljavajuću ukupnu sposobnost upravljanja vlagom.

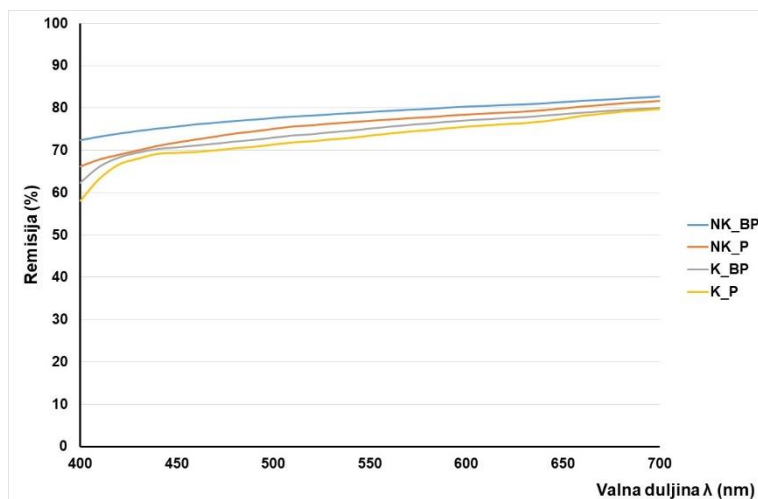
Provedena su, također, i spektrofotometrijska mjerenja neotisnutih uzoraka te su definirane remisijske vrijednosti, vrijednosti bjelina i osnovnih parametara boje neobrađenih uzoraka sa i bez veziva kao i kationiziranih uzoraka sa i bez veziva. Rezultati su prikazani grafički i tablično na slikama 18 i tablici 9.



**Slika 18:** Prikaz neotisnutih podloga u  $a^*/b^*$  prostoru boje

**Tablica 12:** Svjetlina  $L^*$ , bjelina po CIE i indeks požućenja za pamučne podloge

| Uzorak | $L^*$ | YI   | CIE-W |
|--------|-------|------|-------|
| NK_BP1 | 91,21 | 5,46 | 66,61 |
| NK_P1  | 90,21 | 8,07 | 57,66 |
| K_BP1  | 89,46 | 7,93 | 57,61 |
| K_P1   | 88,7  | 8,07 | 56,07 |



**Slika 19:** Remisije neotisnutih pamučnih podloga

Iz prikaza je vidljivo da kod pamučnih podloga tijekom različitih obrada dolazi do određenih promjena bjeline, ukupne remisije i vrijednosti koordinata boje ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) što ukazuje posljedično na promjenu tona i zasićenosti same podloge. Nanosom veziva dolazi do požućenja što je vidljivo iz vrijednosti YI u tablici 10. Također i modifikacija pamučne podloge sredstvom za kationiziranje uzrokuje određeni stupanj požućenja, nešto niži od obrade podloge vezivom. Posljedično dolazi do nižih vrijednosti bjeline i smanjenja vrijednosti ukupne remisije. Ovakva preliminarna ispitivanja važna su zbog predviđanja promjena u obojenju otisaka koji će se primijeniti na pripremljenim podlogama, jer polimerni film i pigment koji će se pomoću filma vezati karakterizira transparentnost te dolazi do međudjelovanja spektralnih karakteristika podloge i boje koja se nanosi u tisku.

Nakon provedenih preliminarnih ispitivanja karakteristika podloga, proveden je postupak tiska pigmentnim tiskarskim bojama tehnikom digitalnog tekstilnog InkJet tiska.

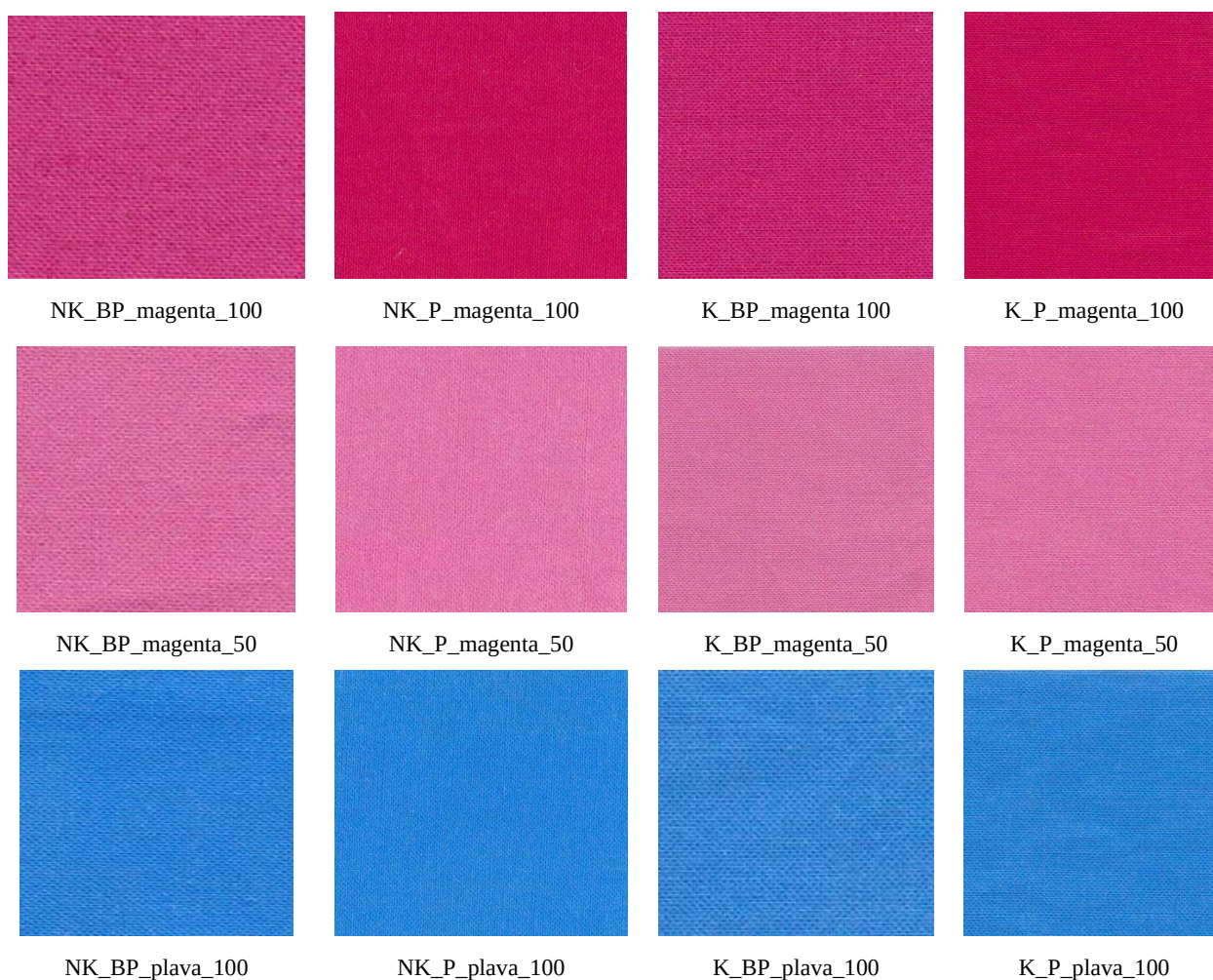


**Slika 20:** Četverobojna shema za tisak uzoraka

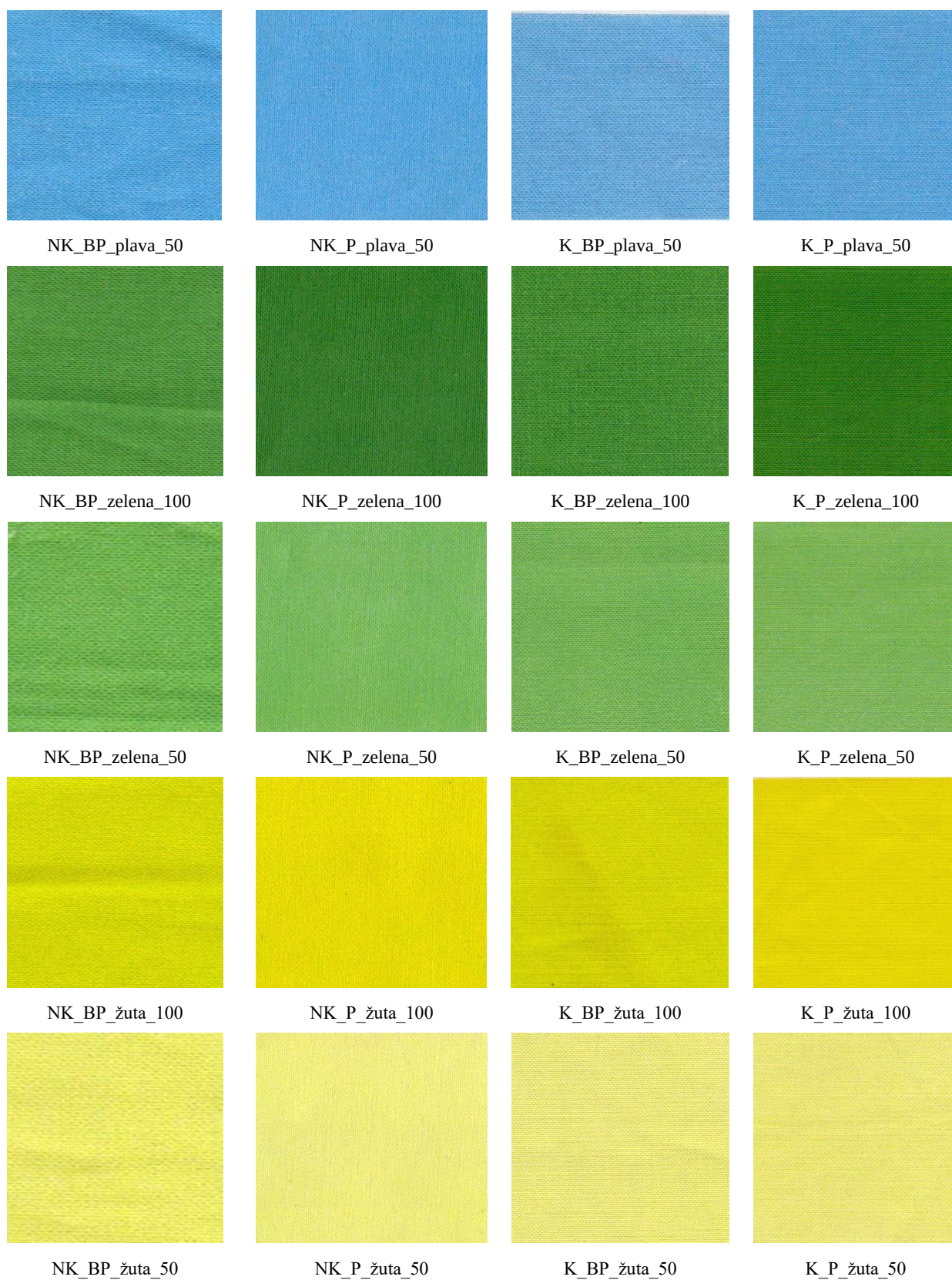
Za tisak je izabrana četverbojna shema otisnuta u koncentraciji pigmenta 100% i 50% za svaku pojedinu boju (Slika 20). Obzirom na karakteristiku tona, otisnute boje razlikuju se u zasićenosti i svjetlini čime je određena i količina pigmenta koji se ugrađuje u polimernu strukturu veziva. Prikazanom shemom otisnuti su uzorci neobrađene pamučne tkanine bez i s nanosom veziva te kationizirani uzorci pamučne tkanine, također bez i s nanosom veziva.

#### 4.1. Usporedna analiza uzoraka prije pranja

Nakon tiska provedeno je skeniranje, snimanje otisnutih površina mikroskopom DinoLite s povećanjem 50x te spektrofotometrijsko mjerenje za sve pripremljene podloge i svaku boju otiska.







**Slika 21:** Prikaz skeniranih otisnutih uzoraka





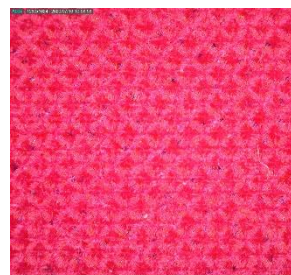
NK\_BP\_magenta\_100



NK\_P\_magenta\_100



K\_BP\_magenta\_100



K\_P\_magenta\_100



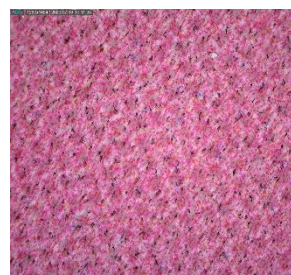
NK\_BP\_magenta\_50



NK\_P\_magenta\_50



K\_BP\_magenta\_50



K\_P\_magenta\_50



NK\_BP\_plava\_100



NK\_P\_plava\_100



K\_BP\_plava\_100



K\_P\_plava\_100



NK\_BP\_plava\_50



NK\_P\_plava\_50



K\_BP\_plava\_50



K\_P\_plava\_50



NK\_BP\_zelena\_100



NK\_P\_zelena\_100

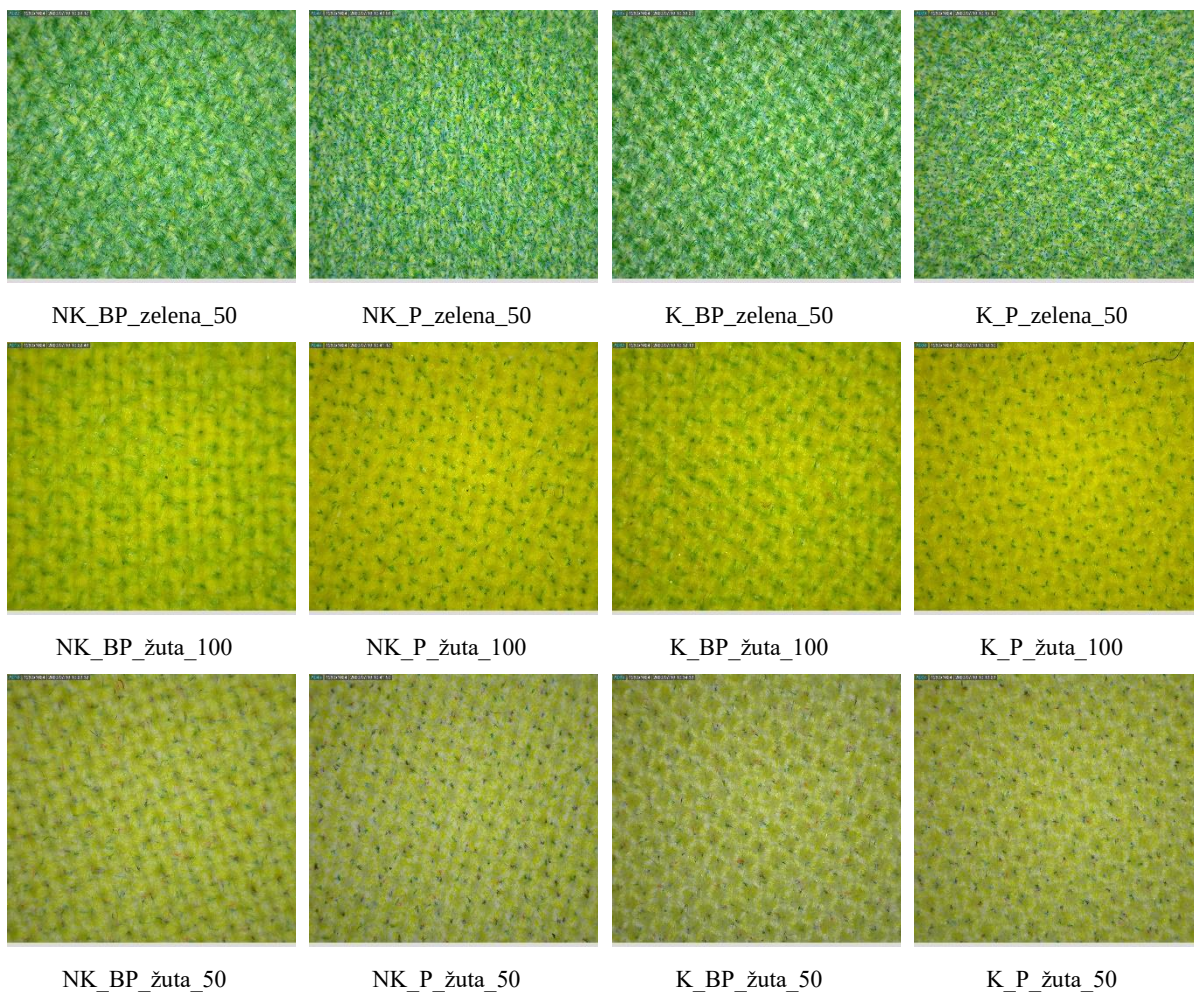


K\_BP\_zelena\_100



K\_P\_zelena\_100

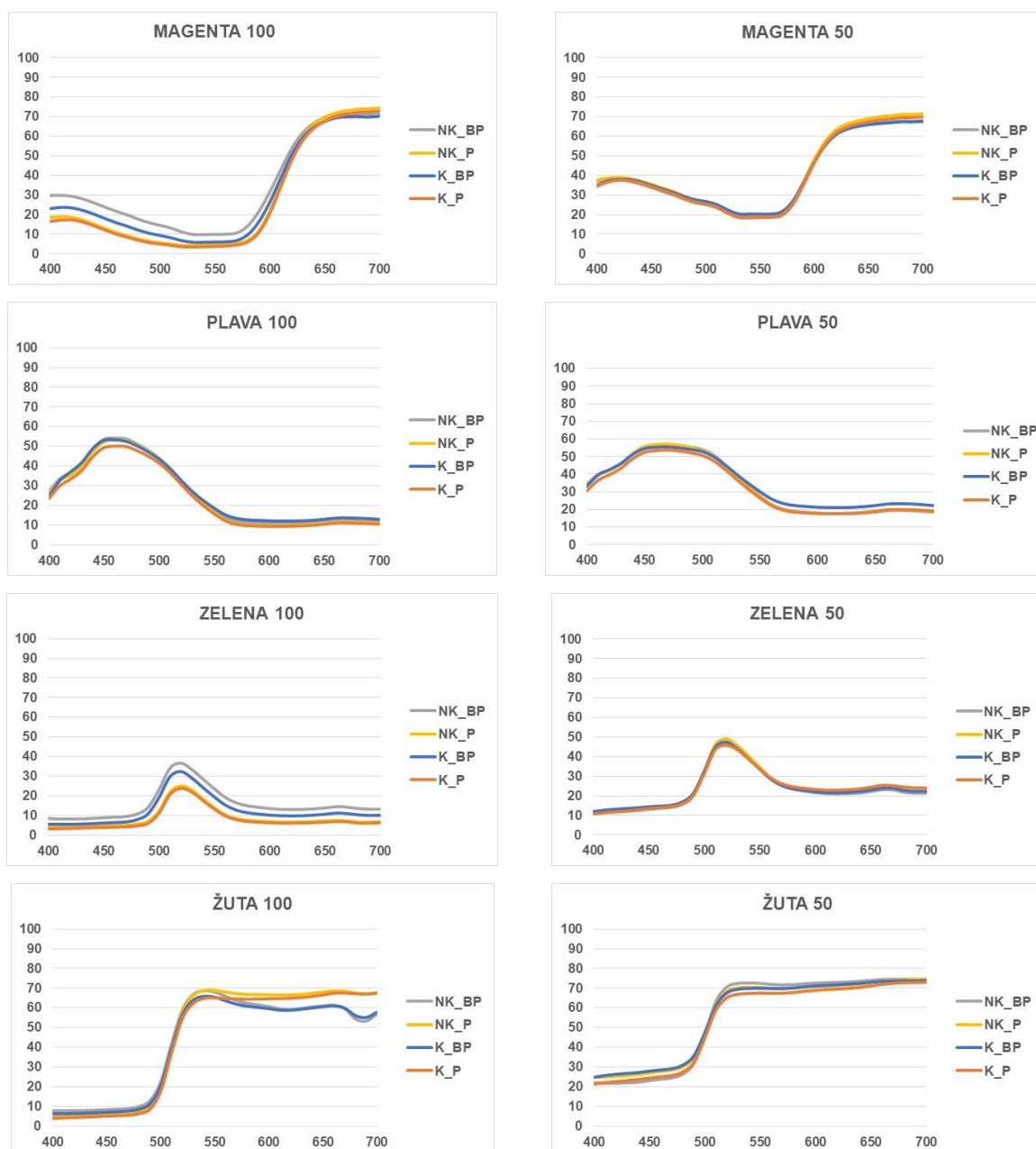




**Slika 22:** Mikroskopske snimke uzoraka  
(Mikroskop DinoLite AM7013MT), povećanje x50

Slike skeniranih uzoraka kao i mikroskopske slike površine uzoraka snimljene digitalnim mikroskopom DinoLite uz povećanje 50x, potvrđuju pozitivan učinak kationiziranja pamučne površine, na pokrivenost površine pigmentom i količinu vezanog pigmenta te ravnomjernost sloja pigmenta. Čak i kod uzoraka na kojima je nanoseno konvencionalno vezivo na bazi akrilata, uočava se da je predobrada kationiziranjem doprinijela postizanju veće pokrivenosti i ravnomjernije rasprostranjenosti pigmentnog sloja.

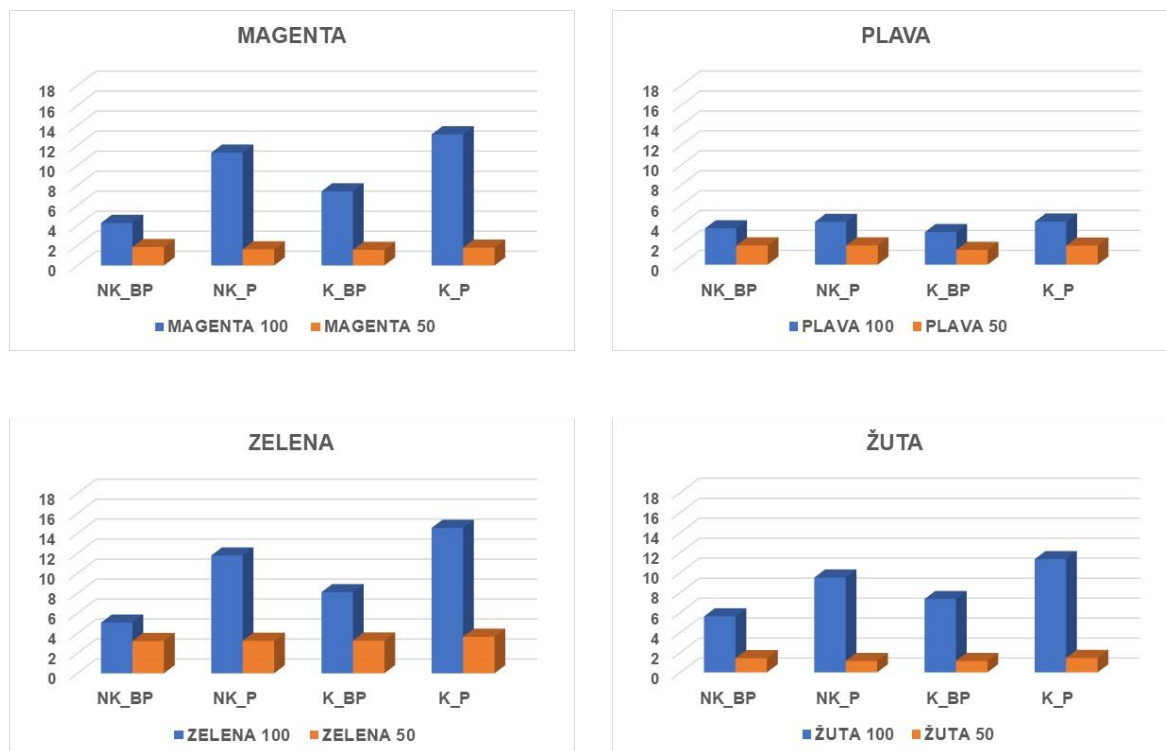
Na slici 23 prikazane su remisijske krivulje koje definiraju spektralnu karakteristiku otisnutih površina. Uzorci predobrađeni vezivom, očekivano pokazuju svojstvo niže remisije, što ukazuje na dublje obojenje. No, zanimljivi su dobiveni rezultati kod uzoraka bez veziva. Ako se usporede kationizirani i nekationizirani uzorak, uočava se da sam postupak kationiziranja doprinosi boljoj pokrivenosti površine pigmentom.



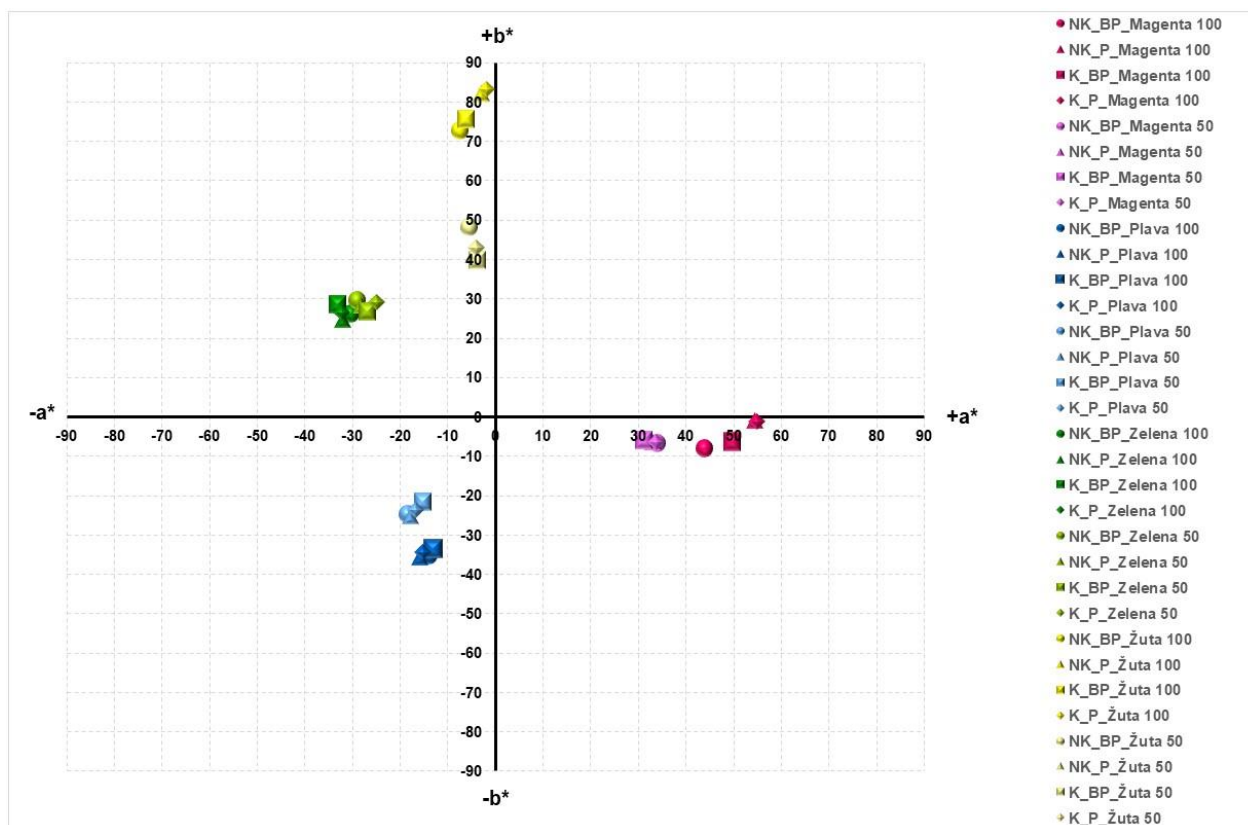
**Slika 23:** Remisijske krivulje otisnutih površina

Rezultati remisijskih krivulja u korelaciji su s rezultatima dubine obojenja prikazanim grafički kao vrijednosti koeficijenta K/S, na slici 24. Kao i kod prikaza remisije, očekivano je dobivena najveća dubina obojenja (najveća K/S vrijednost) za uzorke obrađene vezivom, s time da je i kod njih očit pozitivan učinak kationiziranja. No, relevantni pokazatelji učinka kationiziranja se vide usporedbom uzoraka koji nisu obrađivani vezivom te se za kationizirane uzorke dobiva veća dubina obojenja, što ukazuje na veću količinu vezanog pigmenta.





Slika 24: K/S vrijednosti otisnutih površina



Slika 25: a\*/b\* prostor boje otisnutih uzoraka

Na slici 25 prikazan je prostor boje u kojem su prikazani svi otisnuti uzorci. Obzirom na broj uzoraka, ovakvim prikazom nije moguće precizno pratiti pomake koji se događaju kao posljedica pojedine predobrade, ali je vidljivo određeno rasipanje rezultata unutar istog obojenja, što ukazuje na utjecaj primijenjenih obrada.

Također, uočava se određena razlika obzirom na koncentraciju pigmenta. Kod koncentracije pigmenta 50%, razlike obzirom na predobradu, vizualne, ali i objektivne, nisu toliko izražene. No kod koncentracije pigmenta 100%, potvrđuje se da predobrada materijala doprinosi vezanju pigmenta, zadržavanju pigmenta na površini strukture materijala te ravnomjernosti raspodjele pigmenta na površini materijala.

## 4.2. Usporedna analiza nakon prvog ciklusa pranja

U daljnjem radu provedeno je ispitivanje postojanosti na pranje, koje je provedeno u standardnim uvjetima pranja te u uvjetima s pojačanim mehaničkim naprežanjem. Pojačano mehaničko naprežanje materijala tijekom pranja, simulirano je dodatkom čeličnih kuglica prema standardu ISO 105-C06:2010 (A2S). Rezultati skeniranih površina, mikroskopske snimke površina kao i rezultati remisijских karakteristika i karakteristika dubine obojenja (K/S), prikaza ni su na slikama 26 do 29.



NK\_BP\_BK\_magenta\_100



NK\_BP\_SK\_magenta\_100



NK\_P\_BK\_magenta\_100



NK\_P\_SK\_magenta\_100



NK\_BP\_BK\_magenta\_50



NK\_BP\_SK\_magenta\_50



NK\_P\_BK\_magenta\_50



NK\_P\_SK\_magenta\_50



K\_BP\_BK\_magenta\_100



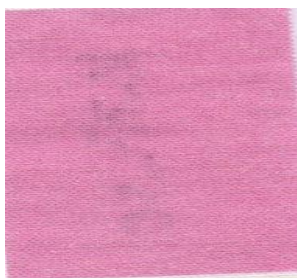
K\_BP\_SK\_magenta\_100



K\_P\_BK\_magenta\_100



K\_P\_SK\_magenta\_100



K\_BP\_BK\_magenta\_50



K\_BP\_SK\_magenta\_50



K\_P\_BK\_magenta\_50



K\_P\_SK\_magenta\_50



NK\_BP\_BK\_plava\_100



NK\_BP\_SK\_plava\_100



NK\_P\_BK\_plava\_100



NK\_P\_SK\_plava\_100



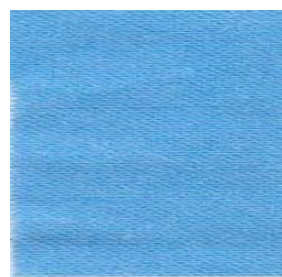
NK\_BP\_BK\_plava\_50



NK\_BP\_SK\_plava\_50



NK\_P\_BK\_plava\_50



NK\_P\_SK\_plava\_50



K\_BP\_BK\_plava\_100



K\_BP\_SK\_plava\_100



K\_P\_BK\_plava\_100



K\_P\_SK\_plava\_100





K\_BP\_BK\_plava\_50



K\_BP\_SK\_plava\_50



K\_P\_BK\_plava\_50



K\_P\_SK\_plava\_50



NK\_BP\_BK\_zelena\_100



NK\_BP\_SK\_zelena\_100



NK\_P\_BK\_zelena\_100



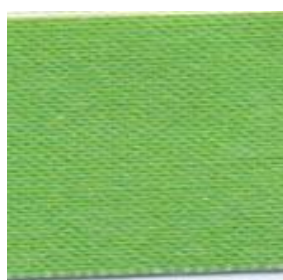
NK\_P\_SK\_zelena\_100



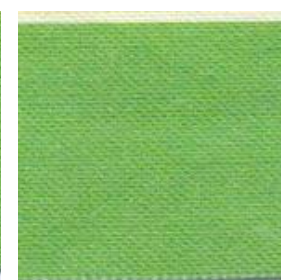
NK\_BP\_BK\_zelena\_50



NK\_BP\_SK\_zelena\_50



NK\_P\_BK\_zelena\_50



NK\_P\_SK\_zelena\_50



K\_BP\_BK\_zelena\_100



K\_BP\_SK\_zelena\_100



K\_P\_BK\_zelena\_100



K\_P\_SK\_zelena\_100



K\_BP\_BK\_zelena\_50



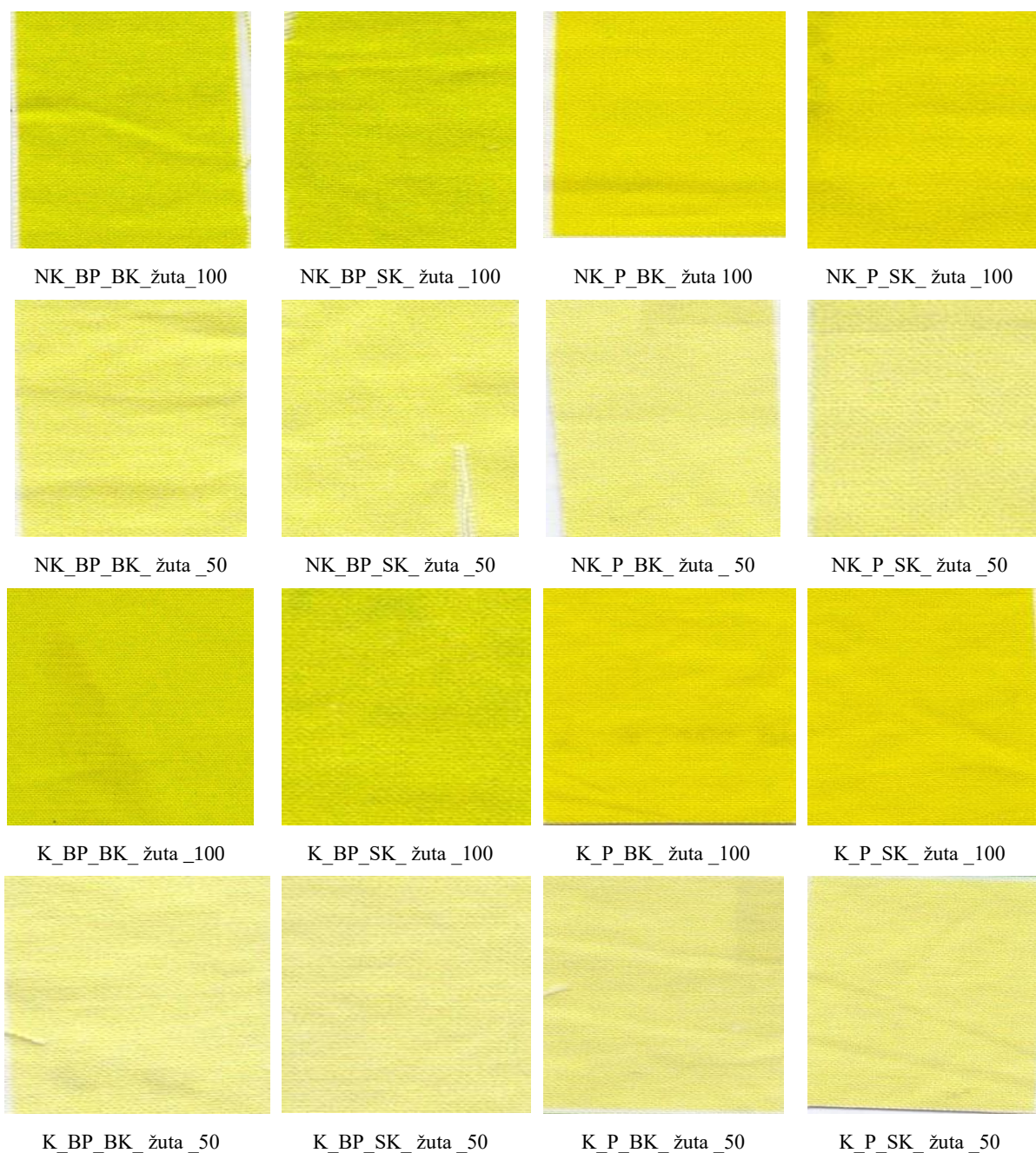
K\_BP\_SK\_zelena\_50



K\_P\_BK\_zelena\_50



K\_P\_SK\_zelena\_50



**Slika 26:** Prikaz skeniranih otisnutih uzoraka nakon 1. ciklusa pranja

Prikazi skeniranih površina otisnutih uzoraka nakon 1. pranja mogu poslužiti kao okvirni pokazatelji oštećenja polimernog nanosa koja se događaju prilikom pranja, no ne može se njihovom vizualnom usporedbom, definirati zakonitost koja bi preciznije definirala učinak pojedine predobrade. Očekivano je da će kod uzoraka s vezivom promjena obojenja biti manja, no veća je mogućnost nastajanja fizičkih oštećenja zbog debljine sloja koji je površinski vezan za tekstilnu podlogu.





NK\_BP\_BK\_magenta\_100

NK\_BP\_SK\_magenta\_100

NK\_P\_BK\_magenta\_100

NK\_P\_SK\_magenta\_100

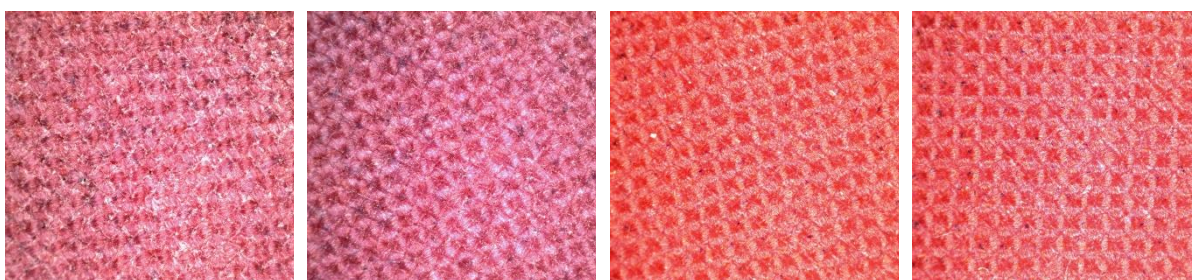


NK\_BP\_BK\_magenta\_50

NK\_BP\_SK\_magenta\_50

NK\_P\_BK\_magenta\_50

NK\_P\_SK\_magenta\_50



K\_BP\_BK\_magenta\_100

K\_BP\_SK\_magenta\_100

K\_P\_BK\_magenta\_100

K\_P\_SK\_magenta\_100

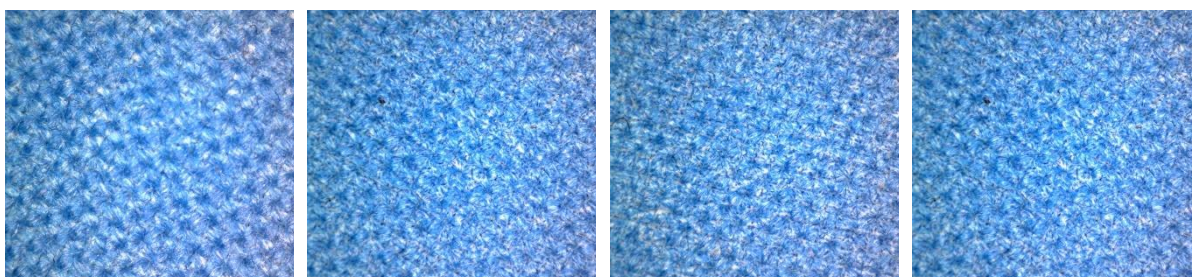


K\_BP\_BK\_magenta\_50

K\_BP\_SK\_magenta\_50

K\_P\_BK\_magenta\_50

K\_P\_SK\_magenta\_50



NK\_BP\_BK\_plava\_100

NK\_BP\_SK\_plava\_100

NK\_P\_BK\_plava\_100

NK\_P\_SK\_plava\_100





NK\_BP\_BK\_plava\_50



NK\_BP\_SK\_plava\_50



NK\_P\_BK\_plava\_50



NK\_P\_SK\_plava\_50



K\_BP\_BK\_plava\_100



K\_BP\_SK\_plava\_100



K\_P\_BK\_plava\_100



K\_P\_SK\_plava\_100



K\_BP\_BK\_plava\_50



K\_BP\_SK\_plava\_50



K\_P\_BK\_plava\_50



K\_P\_SK\_plava\_50



NK\_BP\_BK\_zelena\_100



NK\_BP\_SK\_zelena\_100



NK\_P\_BK\_zelena\_100



NK\_P\_SK\_zelena\_100



NK\_BP\_BK\_zelena\_50



NK\_BP\_SK\_zelena\_50



NK\_P\_BK\_zelena\_50



NK\_P\_SK\_zelena\_50





K\_BP\_BK\_zelena\_100



K\_BP\_SK\_zelena\_100



K\_P\_BK\_zelena\_100



K\_P\_SK\_zelena\_100



K\_BP\_BK\_zelena\_50



K\_BP\_SK\_zelena\_50



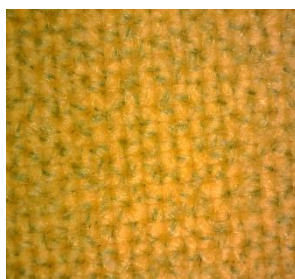
K\_P\_BK\_zelena\_50



K\_P\_SK\_zelena\_50



NK\_BP\_BK\_zuta\_100



NK\_BP\_SK\_zuta\_100



NK\_P\_BK\_zuta\_100



NK\_P\_SK\_zuta\_100



NK\_BP\_BK\_zuta\_50



NK\_BP\_SK\_zuta\_50



NK\_P\_BK\_zuta\_50



NK\_P\_SK\_zuta\_50



K\_BP\_BK\_zuta\_100



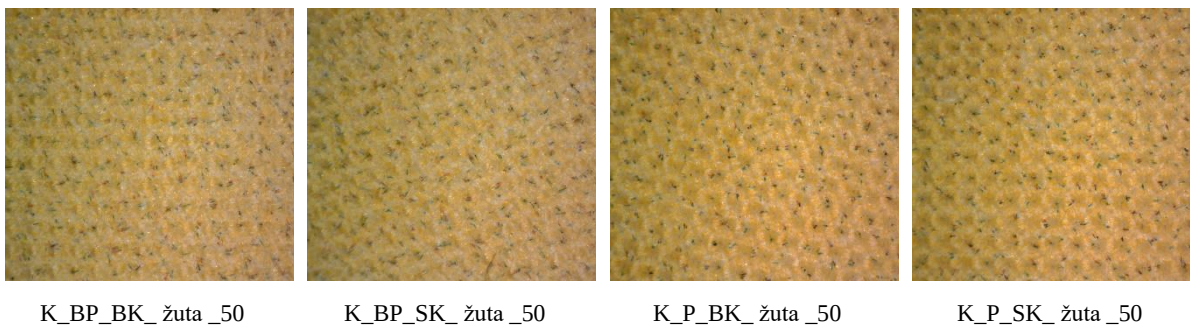
K\_BP\_SK\_zuta\_100



K\_P\_BK\_zuta\_100



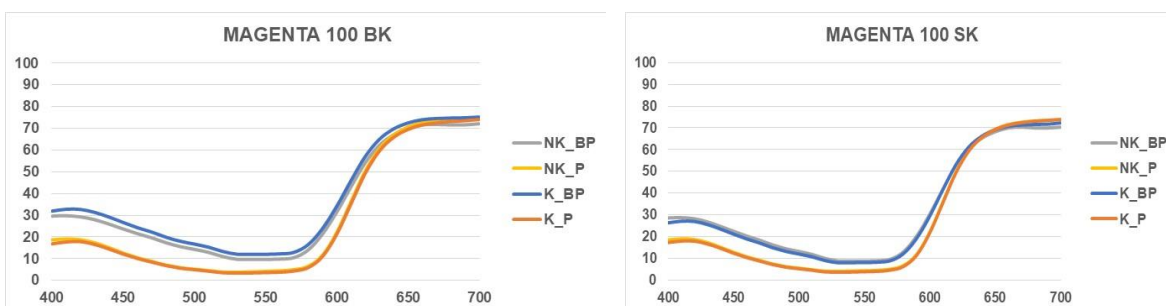
K\_P\_SK\_zuta\_100



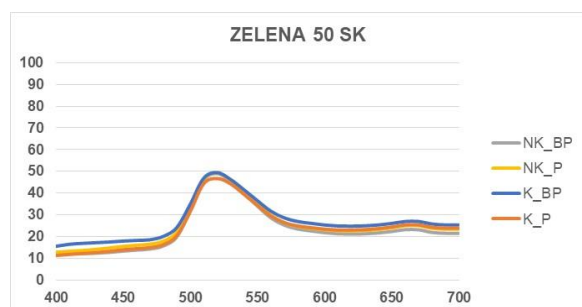
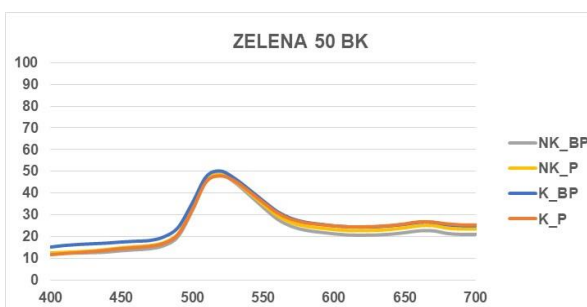
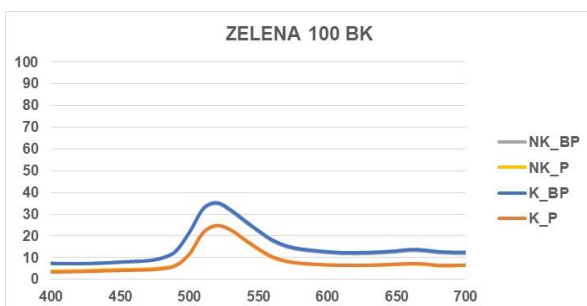
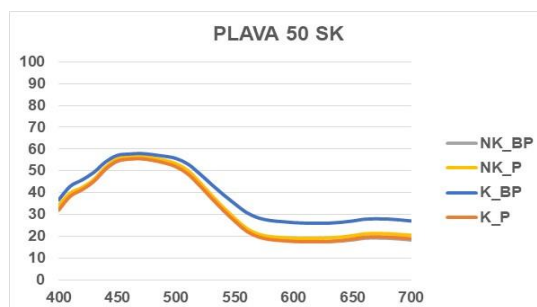
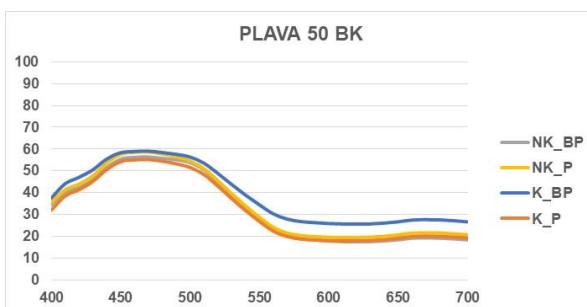
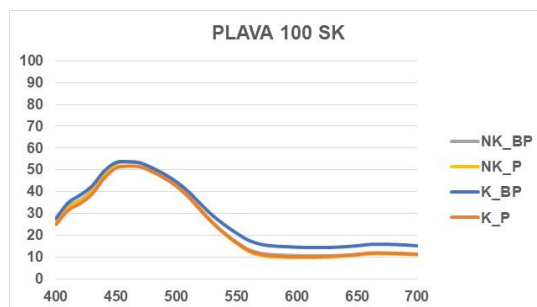
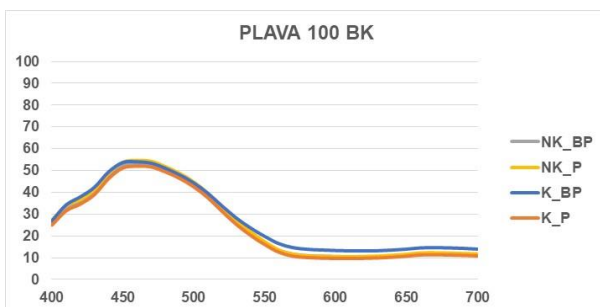
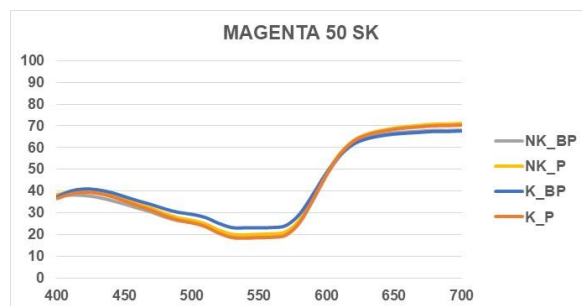
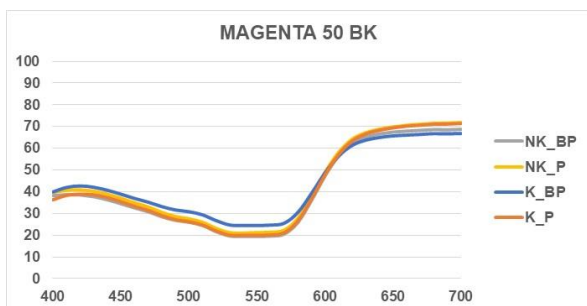
**Slika 27:** Mikroskopske snimke uzoraka (Mikroskop DinoLite AM7013MT), povećanje x50, nakon 1. ciklusa pranja

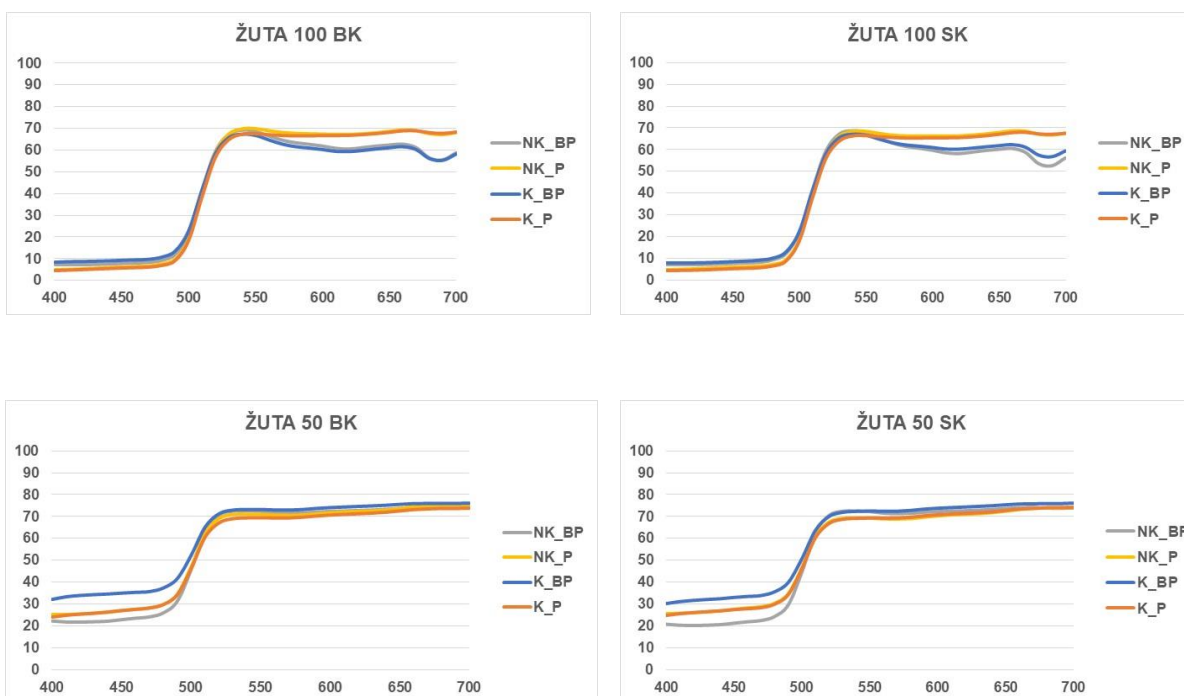
Mikroskopske snimke mogu preciznije ukazati na ponašanje pigmentnog sloja u procesu pranja. Iako se radi o 1. procesu pranja, već se vizualno može uočiti da je došlo do skidanja određenog dijela pigmenta te se na mikroskopskim snimkama uočavaju, rijetka, ali ipak prisutna mjesta oštećenja polimernog sloja. Izuzetak su uzorci otisnuti u žutom tonu boje, kod kojih se primjećuje vizualna promjena boje koja nakon pranja postaje žuća, ali se ne vide tragovi značajnijih oštećenja.

Na slici 28 prikazane su remisijske krivulje otisnutih površina nakon prvog procesa pranja. Bez obzira na vizualnu razliku u obojenju uzoraka nakon ciklusa pranja, prikaz remisijskih krivulja ne pokazuje objektivno, značajnije razlike u odnosu na prikaz remisija prije pranja te se potvrđuje da u prvom ciklusu pranja, bez obzira na pojačano mehaničko djelovanje, nije došlo do značajnijih promjena.



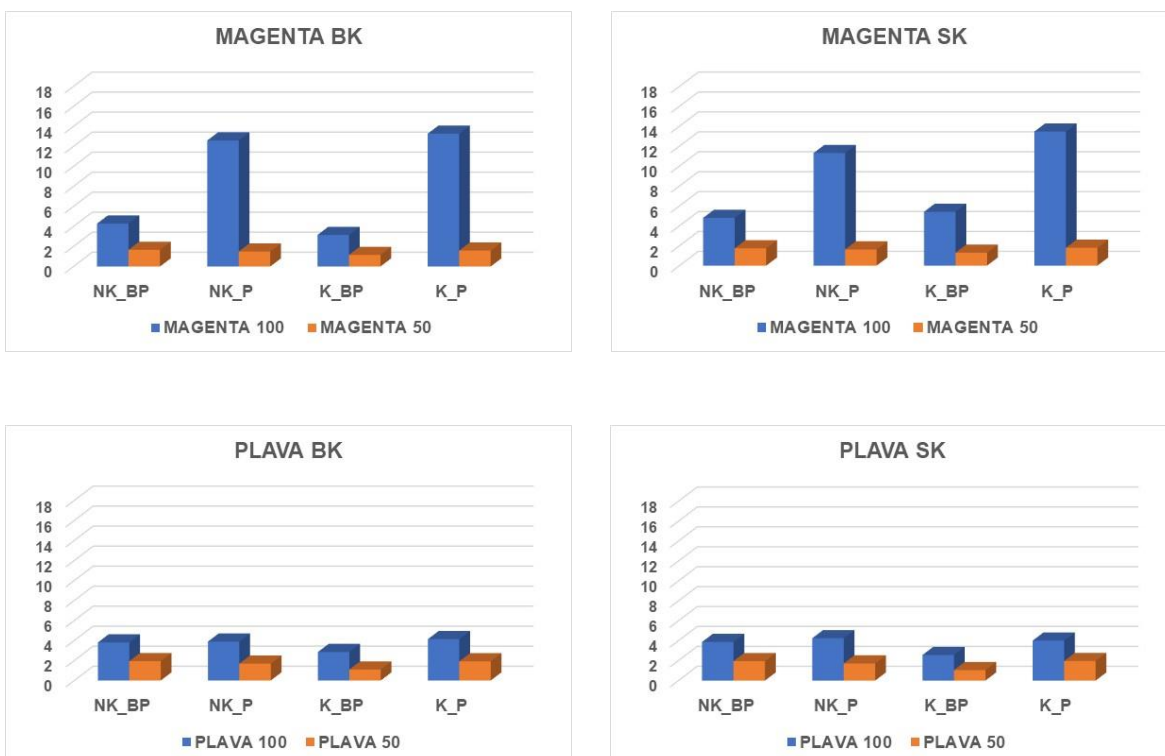






**Slika 28:** Remisijske krivulje uzoraka nakon 1. ciklusa pranja

Na slici 29 prikazane su vrijednosti dubine obojenja (K/S) te je najveća promjena vrijednosti dobivena za magenta ton boje i to za uzorak kationizirani bez veziva. Kod ostalih uzoraka i boja, u prvom ciklusu pranja nije dobivena veća razlika u odnosu na neoprane uzorke.

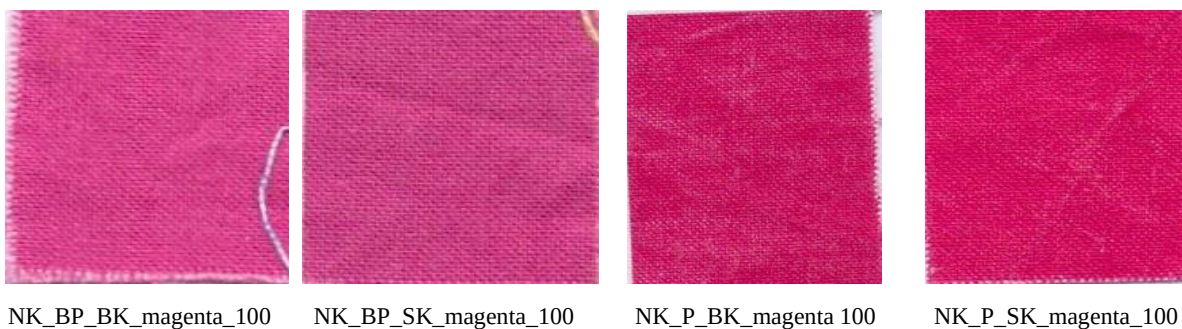




**Slika 29:** K/S vrijednosti otisnutih površina nakon 1. ciklusa pranja

### 4.3. Usporedna analiza nakon trećeg ciklusa pranja

Rezultati skeniranih površina, mikroskopske snimke površina kao i rezultati remisijских karakteristika i karakteristika dubine obojenja (K/S) nakon trećeg ciklusa pranja prikazani su na slikama 30 do 33.







NK\_BP\_BK\_magenta\_50



NK\_BP\_SK\_magenta\_50



NK\_P\_BK\_magenta\_50



NK\_P\_SK\_magenta\_50



K\_BP\_BK\_magenta\_100



K\_BP\_SK\_magenta\_100



K\_P\_BK\_magenta\_100



K\_P\_SK\_magenta\_100



K\_BP\_BK\_magenta\_50



K\_BP\_SK\_magenta\_50



K\_P\_BK\_magenta\_50



K\_P\_SK\_magenta\_50



NK\_BP\_BK\_plava\_100



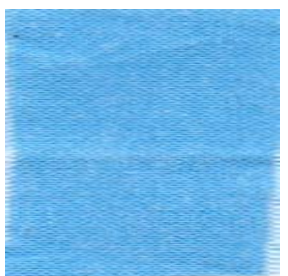
NK\_BP\_SK\_plava\_100



NK\_P\_BK\_plava\_100



NK\_P\_SK\_plava\_100



NK\_BP\_BK\_plava\_50



NK\_BP\_SK\_plava\_50

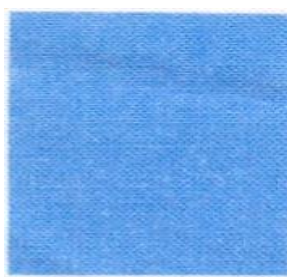


NK\_P\_BK\_plava\_50



NK\_P\_SK\_plava\_50





K\_BP\_BK\_plava\_100



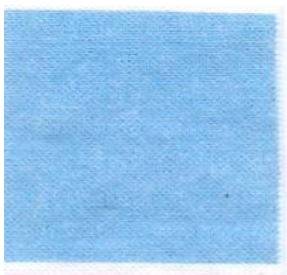
K\_BP\_SK\_plava\_100



K\_P\_BK\_plava\_100



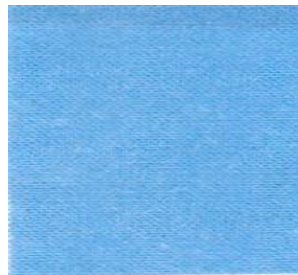
K\_P\_SK\_plava\_100



K\_BP\_BK\_plava\_50



K\_BP\_SK\_plava\_50



K\_P\_BK\_plava\_50



K\_P\_SK\_plava\_50



NK\_BP\_BK\_zelena\_100



NK\_BP\_SK\_zelena\_100



NK\_P\_BK\_zelena\_100



NK\_P\_SK\_zelena\_100



NK\_BP\_BK\_zelena\_50



NK\_BP\_SK\_zelena\_50



NK\_P\_BK\_zelena\_50



NK\_P\_SK\_zelena\_50



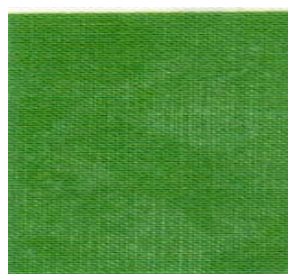
K\_BP\_BK\_zelena\_100



K\_BP\_SK\_zelena\_100

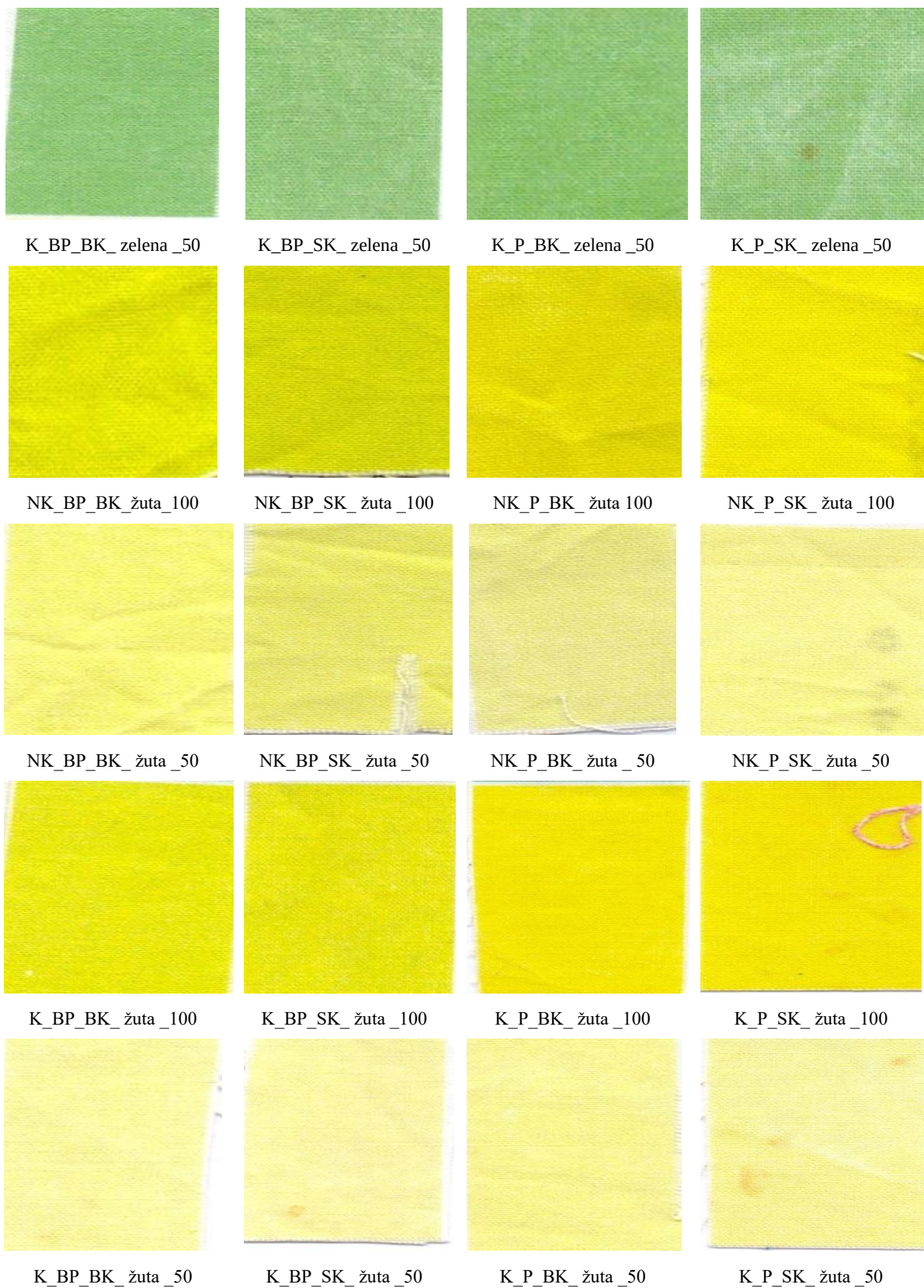


K\_P\_BK\_zelena\_100



K\_P\_SK\_zelena\_100





**Slika 30:** Prikaz skeniranih otisnutih uzoraka nakon 3. ciklusa pranja



Vizualnom procjenom izgleda uzoraka prikazanih skeniranjem (slika 30), uočava se da je nakon 3. ciklusa pranja došlo do jasnije vidljivih oštećenja polimernog sloja. Također, tu se već naglašeno vidi razlika između uzoraka obzirom na prirodu same boje.

Primjerice, uzorci otisnuti u žutom tonu boje, zbog spektralne karakteristike žute kao najbriljantnije i najsvjetlije boje spektra, koja na vrlo visokom nivou svjetline postiže maksimalnu zasićenost, zadržavaju i nakon 3. ciklusa pranja briljantnost i puninu boje te oštećenja polimernog sloja, vidljiva kod ostalih obojenja, nisu toliko izražena.

Što se tiče predobrade, uočava se da je promjena intenziteta boje veća kod kationiziranih uzoraka te se kod uzoraka predobrađenih vezivom zadržava još uvijek jači intenzitet obojenja, ali je kod kationiziranih uzoraka nanos pigmentnog sloja jednoličniji čime se može već sada potvrditi da će kationizacija doprinijeti postojanosti polimernog filma na trenje i mehaničko naprezanje. Naime, iako nije provedeno ispitivanje postojanosti na trenje, izgled oštećenja koja nastaju u pranju pogotovo kod uzoraka pranih uz pojačano mehaničko oštećenje, ukazuje na fizičko skidanje sloja polimernog filma koji nosi pigment do kojeg dolazi uslijed trenja u procesu pranja.



NK\_BP\_BK\_magenta\_100



NK\_BP\_SK\_magenta\_100



NK\_P\_BK\_magenta\_100



NK\_P\_SK\_magenta\_100



NK\_BP\_BK\_magenta\_50



NK\_BP\_SK\_magenta\_50



NK\_P\_BK\_magenta\_50



NK\_P\_SK\_magenta\_50



K\_BP\_BK\_magenta\_100



K\_BP\_SK\_magenta\_100

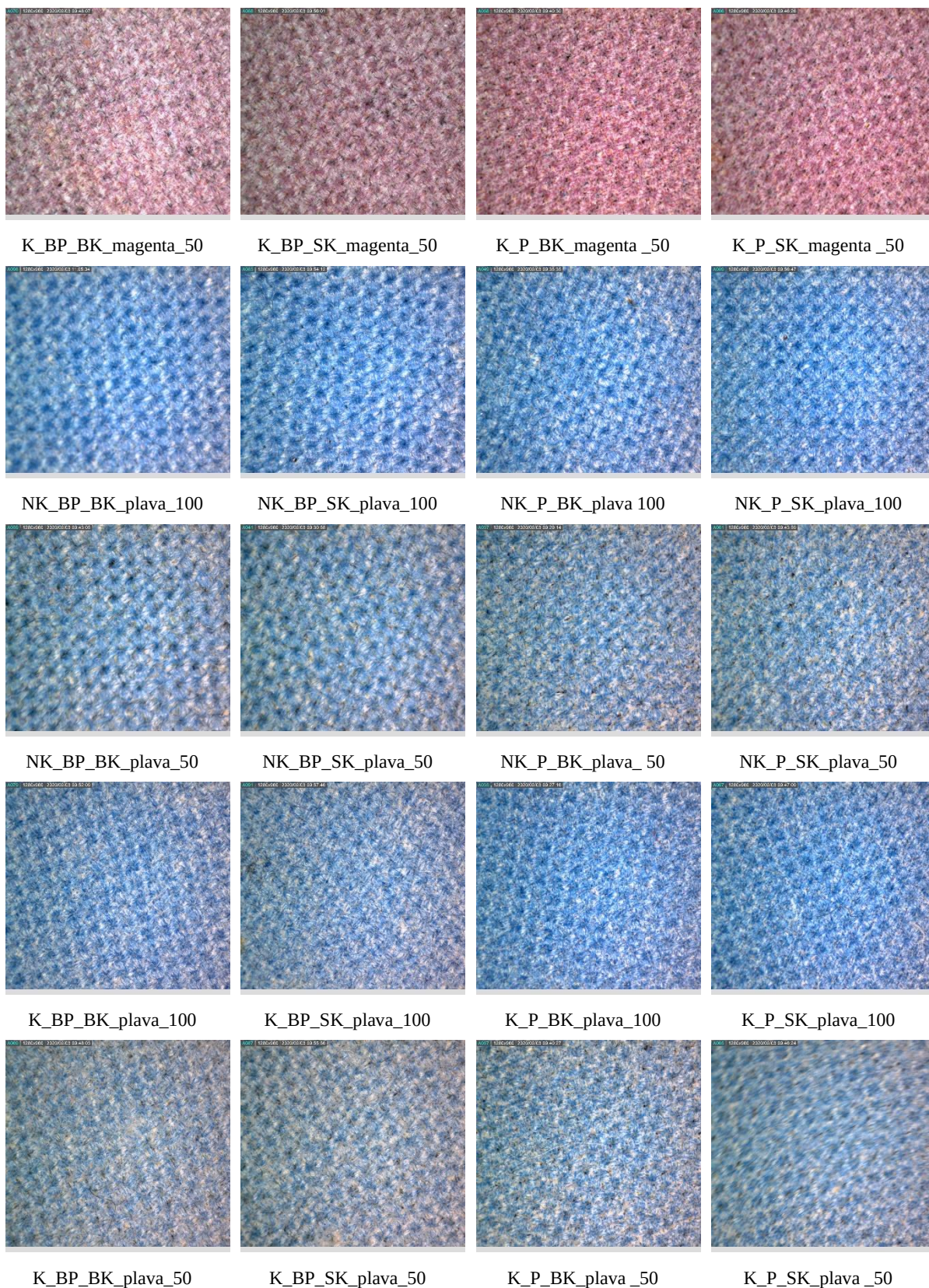


K\_P\_BK\_magenta\_100



K\_P\_SK\_magenta\_100



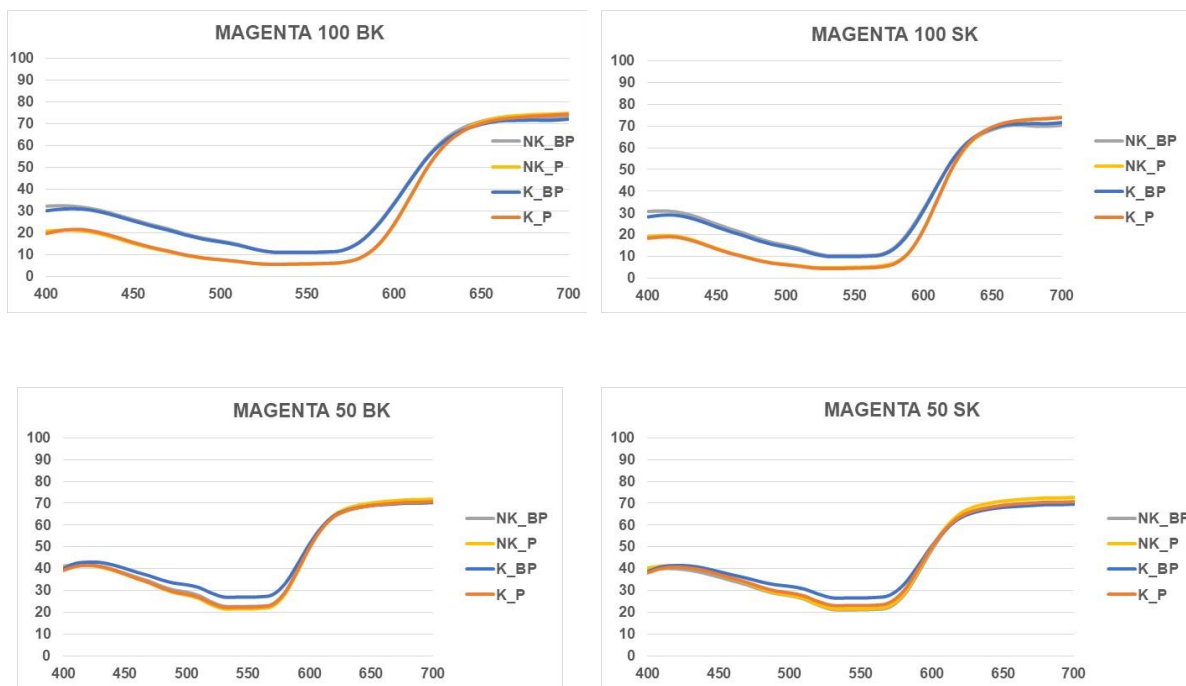


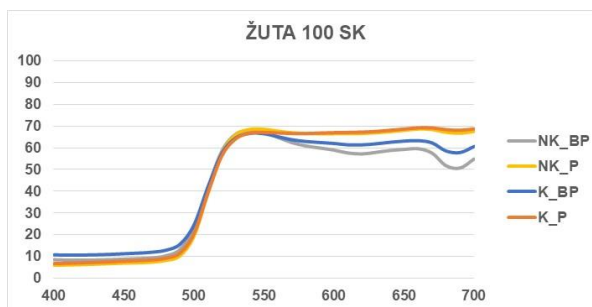
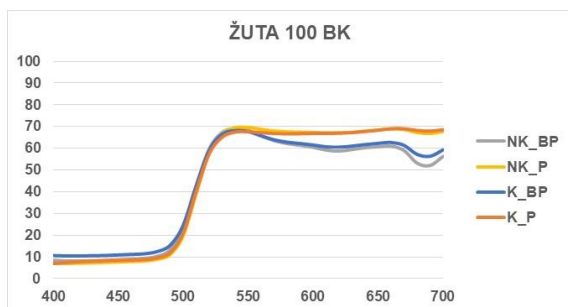
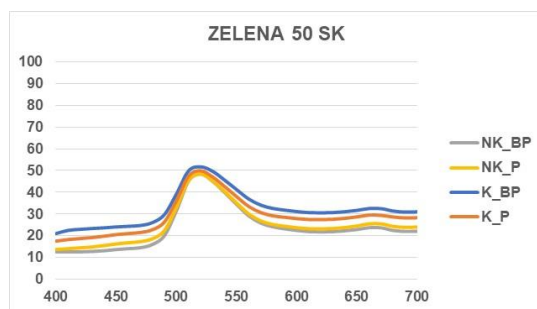
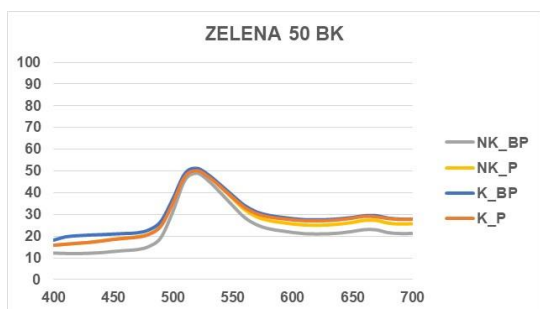
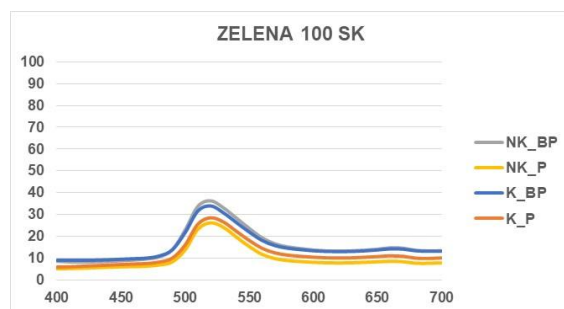
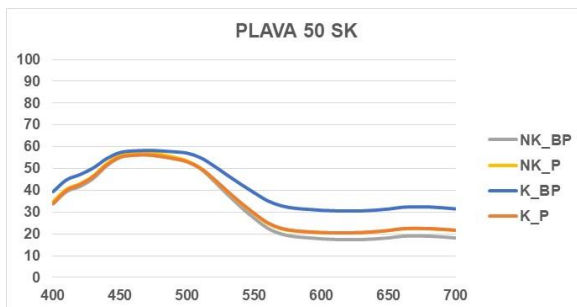
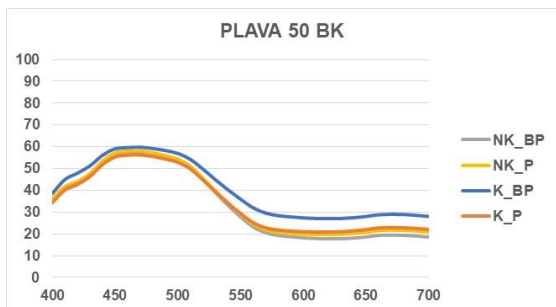
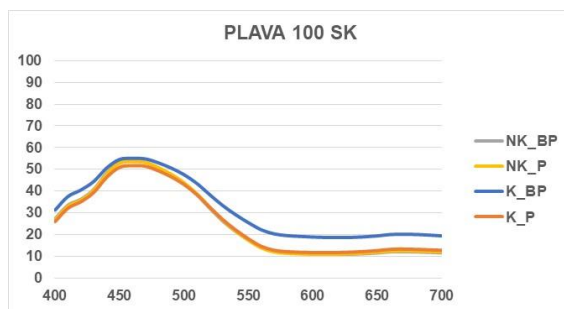
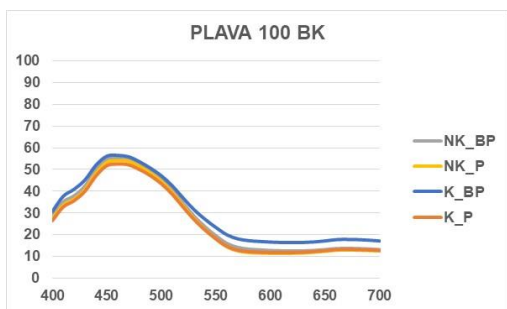
**Slika 31:** Mikroskopske snimke uzoraka (Mikroskop DinoLite AM7013MT),  
povećanje x50, nakon 3. ciklusa pranja

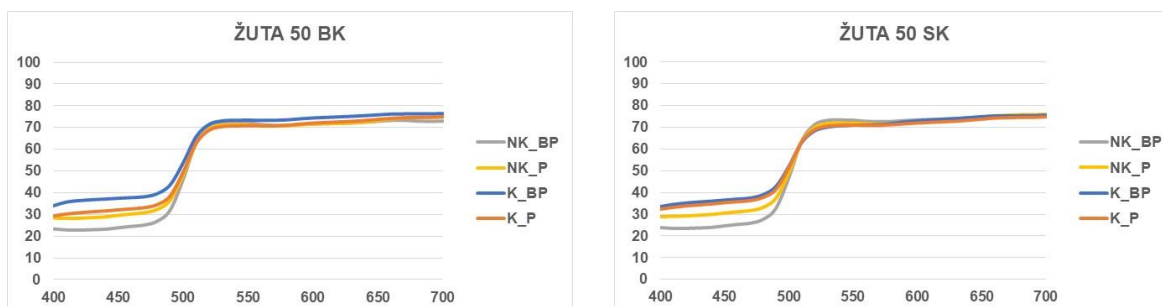


Mikroskopske snimke uzoraka nakon 3. ciklusa pranja, dodatno pokazuju, da je kod kationiziranih uzoraka a dodatkom veziva, zbog specifične sinergije ovih dviju predobrada, nakon pranja zadržano briljantnije obojenje i intenzivniji odnos svjetline i zasićenosti u odnosu na ostale uzorke. Naime, zbog ionizacije molekula bojila u tiskarskoj boji, kapljice tiskarske boje koje dolaze na površinu materijala su negativno nabijene te se postiže njihova imobilizacija na kationiziranoj površini. No, kationiziranje pospješuje i pozitivno elektrostatsko djelovanje između tekstilne površine i veziva čime se dobiva ravnomjerniji i čvršće vezani polimerni film.

Na slici 32 prikazane su remisijske vrijednosti otisnutih uzoraka nakon trećeg ciklusa pranja. Kod uzoraka, bez obzira na predobradu, uočava se razmicanje krivulja remisije koje karakteriziraju pojedinu površinu, iako se oblik krivulje ne mijenja. To ukazuje na nejednolike promjene u obojenju koje se događaju zbog razlike u otpuštanju pigmenta kod različito obrađenih uzoraka. Može se izdvojiti rezultat dobiven za otisak magenta pigmentom u koncentraciji 100%. Naime, magenta je karakteristična, ekstra-spektralna boja, koja je uvijek definirana s dva područja refleksije - crvenim i plavim. U pranju, što se vidi već nakon 3. ciklusa pranja dolazi najviše do promjene u plavom dijelu refleksije, plava komponenta u magenti gubi zasićenost što doprinosi naglašenosti crvene komponente, a što se vidi na mikroskopskim snimkama, naglašeno za kationizirane uzorke.

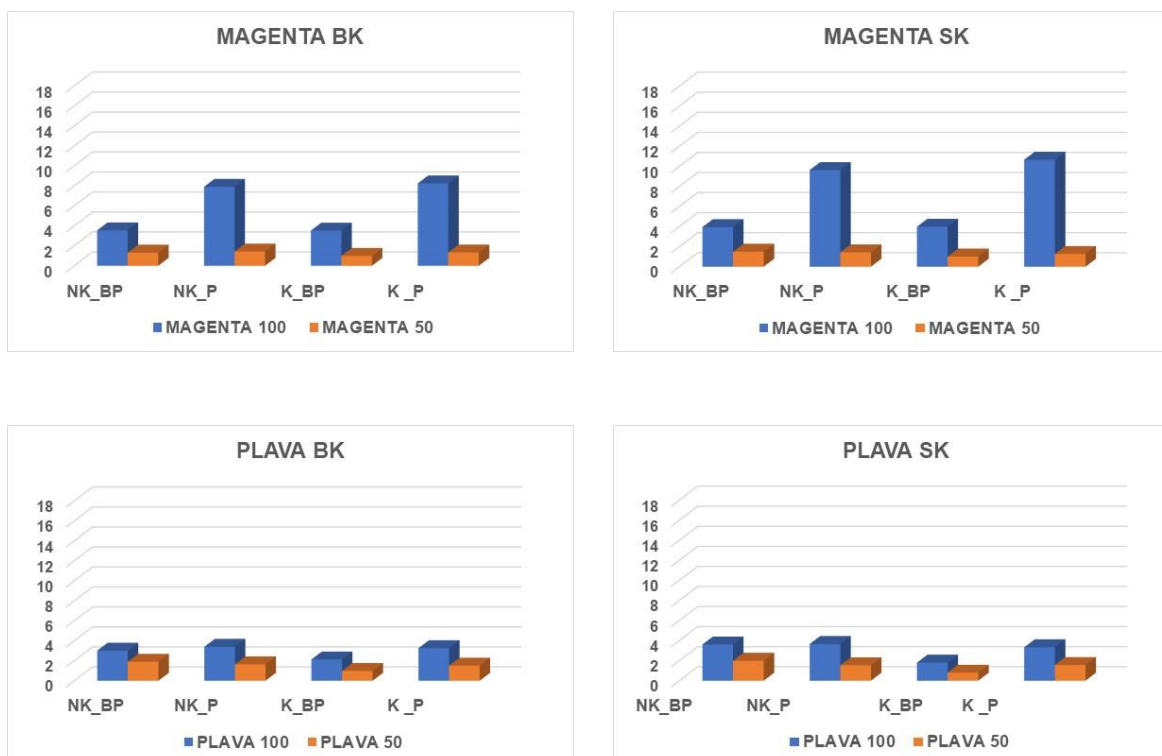






**Slika 32:** Remisijske krivulje uzoraka nakon 3. ciklusa pranja

Na slici 33 prikazane su grafičke vrijednosti dubine obojenja (K/S) otisnutih uzoraka nakon 3. ciklusa pranja. Uočava se značajnije smanjenje vrijednosti K/S u odnosu na one prije pranja i nakon 1. ciklusa pranja. Pad K/S vrijednosti se uočava za sva ispitana obojenja, očekivano naglašenije za obojenja otisaka s 50% koncentracije pigmenta.





**Slika 33:** K/S vrijednosti otisnutih površina nakon 3. ciklusa pranja

#### 4.4. Usporedna analiza nakon petog ciklusa pranja

Na slikama 34 do 37 prikazani su rezultati skeniranja, mikroskopskog snimanja te spektrofotometrijskog mjerenja remisijskih karakteristika i dubine obojenja K/S uzoraka nakon 5. ciklusa pranja. Primjećuje se da se, bez obzira na veću količinu vezanog pigmenta kod uzoraka obrađenih vezivom, na istim uzorcima nastaju sada već naglašenija oštećenja. Kod ovih uzoraka sada dolazi do izražaja problematika površinskog vezanja pigmenta. Kod uzoraka bez veziva, iako je količina zadržanog pigmenta na površini manja i dolazi do prodora pigmenta dublje u strukturu tekstilnog materijala zbog čega je sveukupno obojenje manjeg intenziteta, ipak ne dolazi do toliko izraženih oštećenja i promjene s ponovljenim ciklusima pranja su manje naglašene.

Najmanje vidljive promjene dobivene su i opet za uzorke otisnute žutim pigmentom u koncentraciji 100%, dapače, kod ovih uzoraka se ističe pozitivan učinak kationiziranja te je za te uzorke vidljivo briljantnije i „čišće“ žuto obojenje.





NK\_BP\_BK\_magenta\_100



NK\_BP\_SK\_magenta\_100



NK\_P\_BK\_magenta\_100



NK\_P\_SK\_magenta\_100



NK\_BP\_BK\_magenta\_50



NK\_BP\_SK\_magenta\_50



NK\_P\_BK\_magenta\_50



NK\_P\_SK\_magenta\_50



K\_BP\_BK\_magenta\_100



K\_BP\_SK\_magenta\_100



K\_P\_BK\_magenta\_100



K\_P\_SK\_magenta\_100



K\_BP\_BK\_magenta\_50



K\_BP\_SK\_magenta\_50



K\_P\_BK\_magenta\_50



K\_P\_SK\_magenta\_50



NK\_BP\_BK\_plava\_100



NK\_BP\_SK\_plava\_100

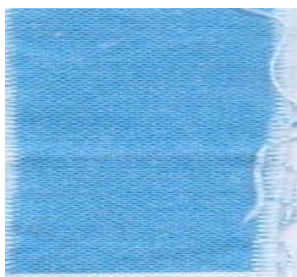


NK\_P\_BK\_plava\_100

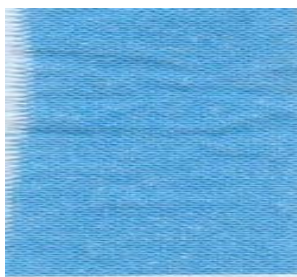


NK\_P\_SK\_plava\_100





NK\_BP\_BK\_plava\_50



NK\_BP\_SK\_plava\_50



NK\_P\_BK\_plava\_50



NK\_P\_SK\_plava\_50



K\_BP\_BK\_plava\_100



K\_BP\_SK\_plava\_100



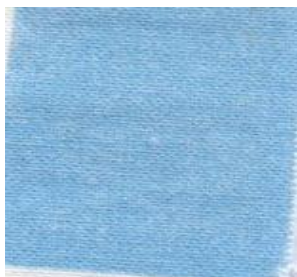
K\_P\_BK\_plava\_100



K\_P\_SK\_plava\_100



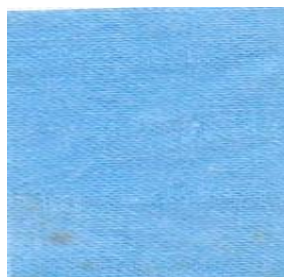
K\_BP\_BK\_plava\_50



K\_BP\_SK\_plava\_50



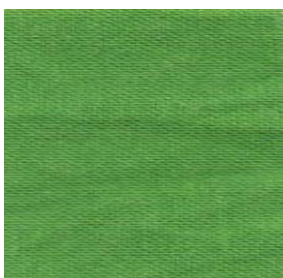
K\_P\_BK\_plava\_50



K\_P\_SK\_plava\_50



NK\_BP\_BK\_zelena\_100



NK\_BP\_SK\_zelena\_100



NK\_P\_BK\_zelena\_100



NK\_P\_SK\_zelena\_100



NK\_BP\_BK\_zelena\_50



NK\_BP\_SK\_zelena\_50



NK\_P\_BK\_zelena\_50



NK\_P\_SK\_zelena\_50





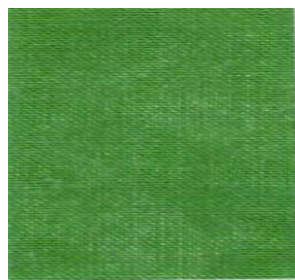
K\_BP\_BK\_zelena\_100



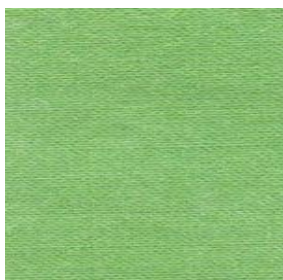
K\_BP\_SK\_zelena\_100



K\_P\_BK\_zelena\_100



K\_P\_SK\_zelena\_100



K\_BP\_BK\_zelena\_50



K\_BP\_SK\_zelena\_50



K\_P\_BK\_zelena\_50



K\_P\_SK\_zelena\_50



NK\_BP\_BK\_zuta\_100



NK\_BP\_SK\_zuta\_100



NK\_P\_BK\_zuta\_100



NK\_P\_SK\_zuta\_100



NK\_BP\_BK\_zuta\_50



NK\_BP\_SK\_zuta\_50



NK\_P\_BK\_zuta\_50



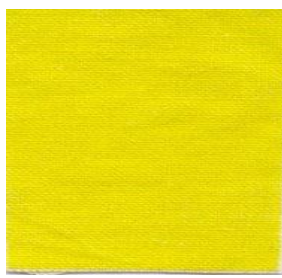
NK\_P\_SK\_zuta\_50



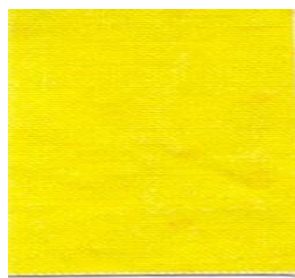
K\_BP\_BK\_zuta\_100



K\_BP\_SK\_zuta\_100

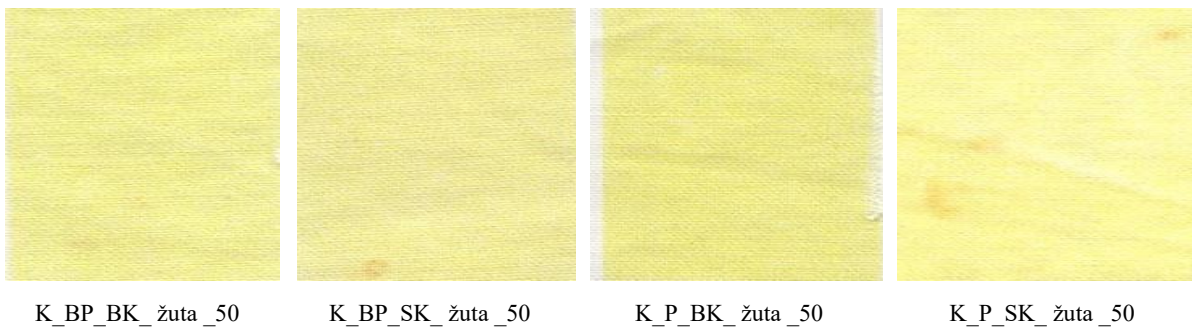


K\_P\_BK\_zuta\_100



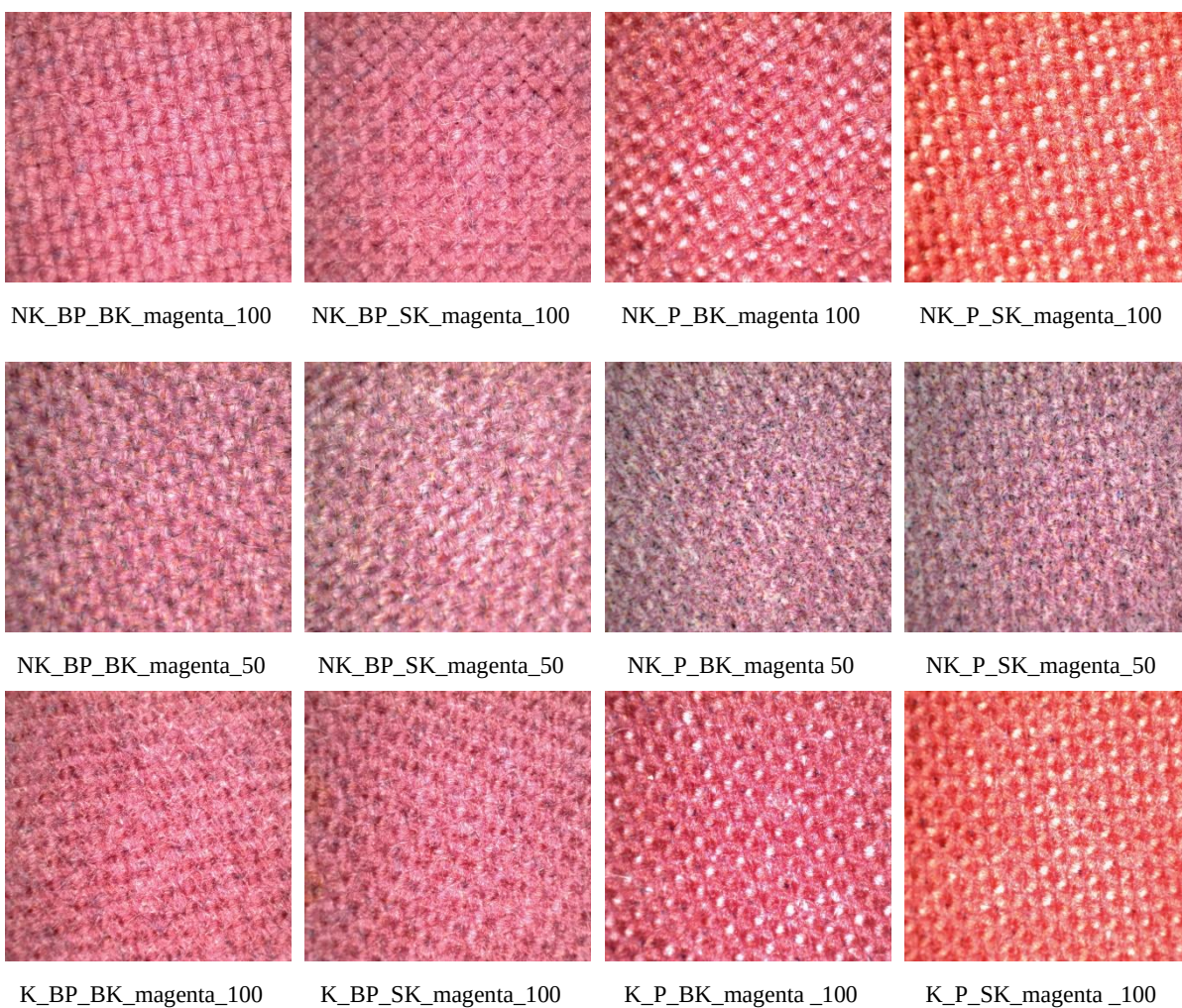
K\_P\_SK\_zuta\_100





**Slika 34:** Prikaz skeniranih otisnutih uzoraka nakon 5. ciklusa pranja

Iz prikaza skeniranih otisnutih uzoraka nakon petog ciklusa pranja možemo vidjeti da je došlo do određenog oštećenja uzoraka što je bilo i očekivano s obzirom na vezivo te na mehaničko opterećenje prilikom pranja.







K\_BP\_BK\_magenta\_50



K\_BP\_SK\_magenta\_50



K\_P\_BK\_magenta\_50



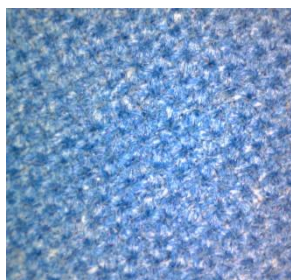
K\_P\_SK\_magenta\_50



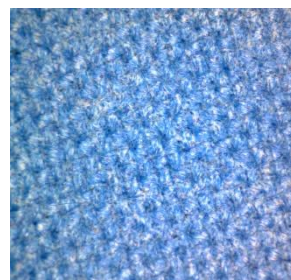
NK\_BP\_BK\_plava\_100



NK\_BP\_SK\_plava\_100



NK\_P\_BK\_plava\_100



NK\_P\_SK\_plava\_100



NK\_BP\_BK\_plava\_50



NK\_BP\_SK\_plava\_50



NK\_P\_BK\_plava\_50



NK\_P\_SK\_plava\_50



K\_BP\_BK\_plava\_100



K\_BP\_SK\_plava\_100



K\_P\_BK\_plava\_100



K\_P\_SK\_plava\_100



K\_BP\_BK\_plava\_50



K\_BP\_SK\_plava\_50



K\_P\_BK\_plava\_50



K\_P\_SK\_plava\_50

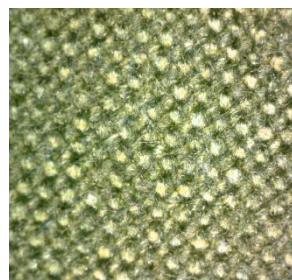




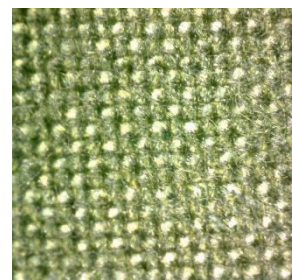
NK\_BP\_BK\_zelena\_100



NK\_BP\_SK\_zelena\_100



NK\_P\_BK\_zelena\_100



NK\_P\_SK\_zelena\_100



NK\_BP\_BK\_zelena\_50



NK\_BP\_SK\_zelena\_50



NK\_P\_BK\_zelena\_50



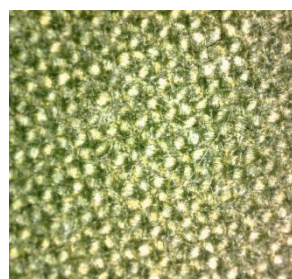
NK\_P\_SK\_zelena\_50



K\_BP\_BK\_zelena\_100



K\_BP\_SK\_zelena\_100



K\_P\_BK\_zelena\_100



K\_P\_SK\_zelena\_100



K\_BP\_BK\_zelena\_50



K\_BP\_SK\_zelena\_50



K\_P\_BK\_zelena\_50



K\_P\_SK\_zelena\_50



NK\_BP\_BK\_zuta\_100



NK\_BP\_SK\_zuta\_100

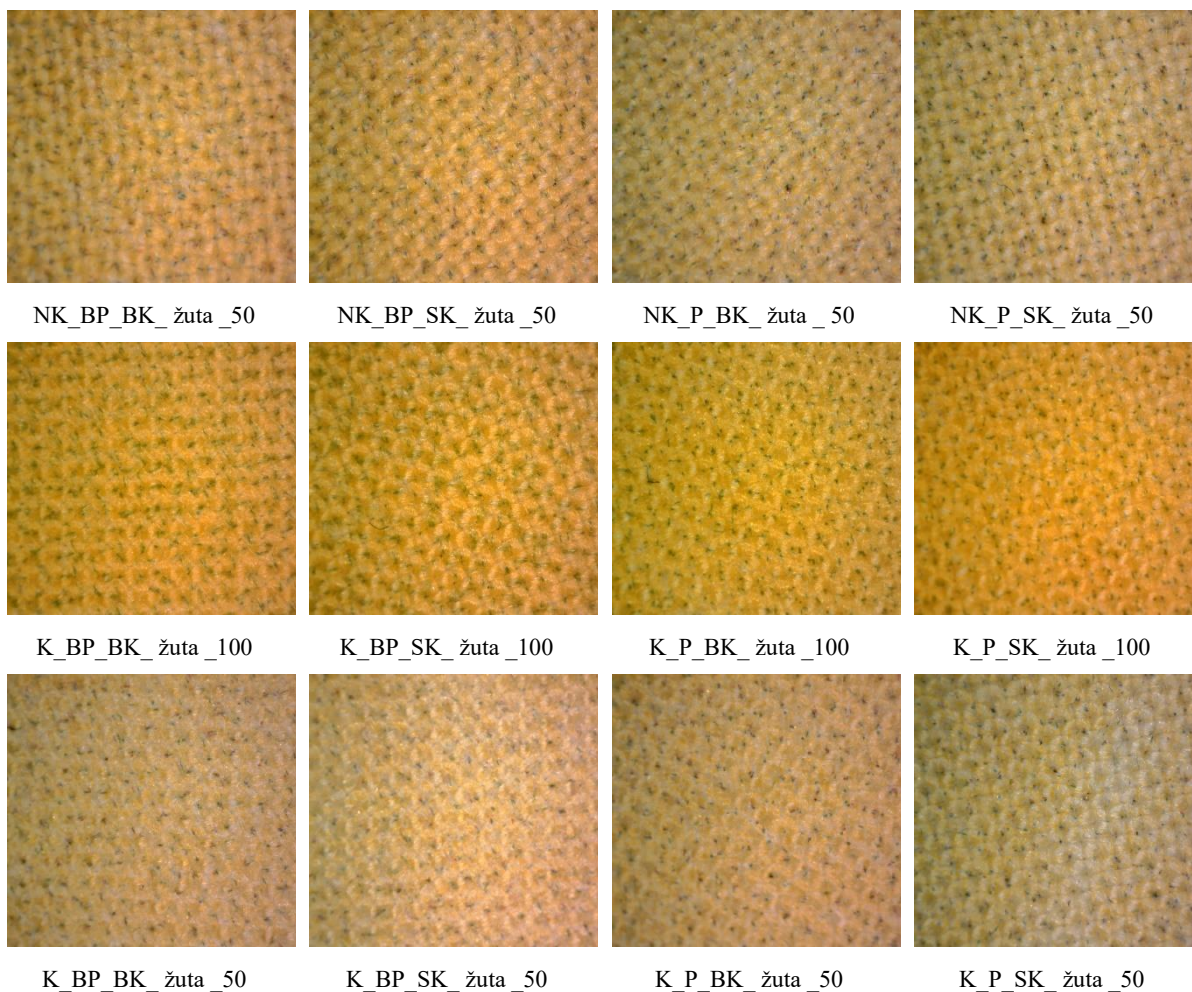


NK\_P\_BK\_zuta\_100



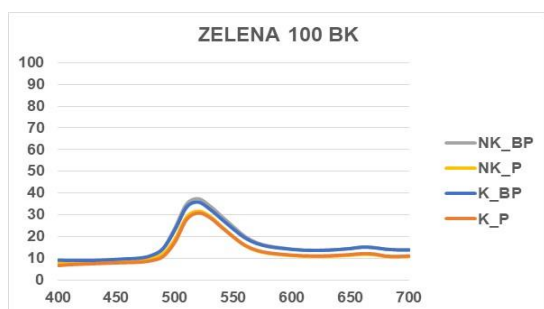
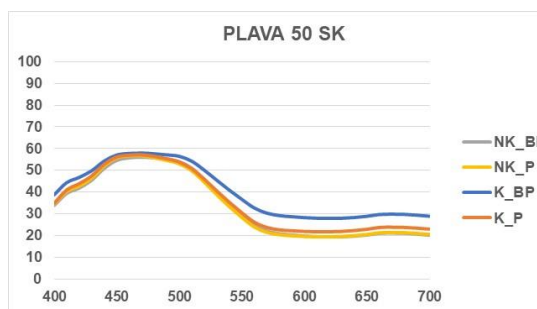
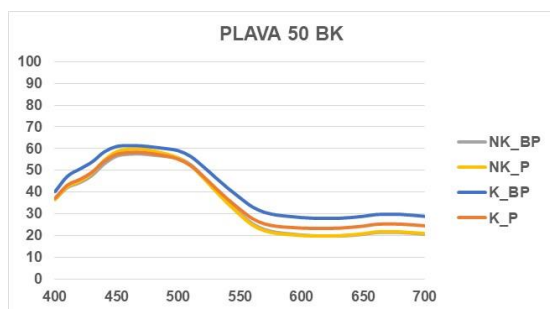
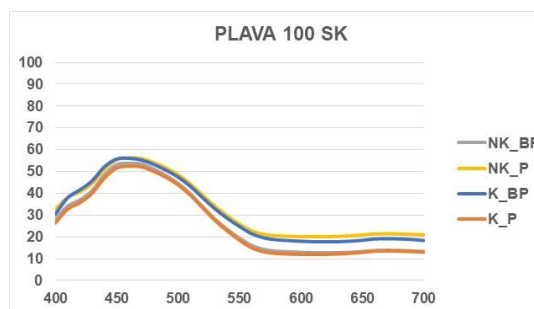
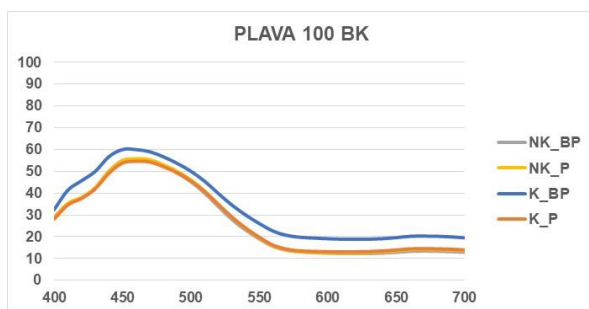
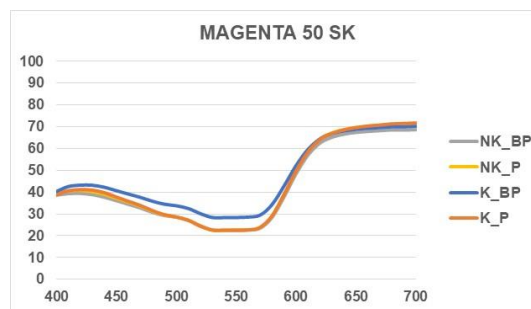
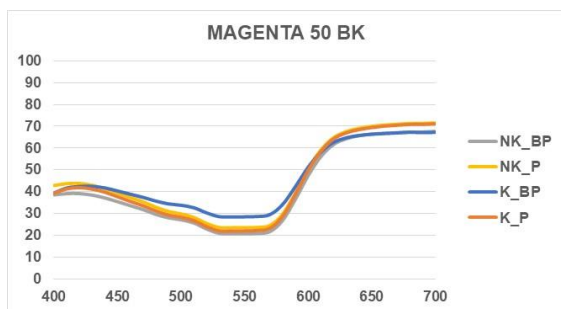
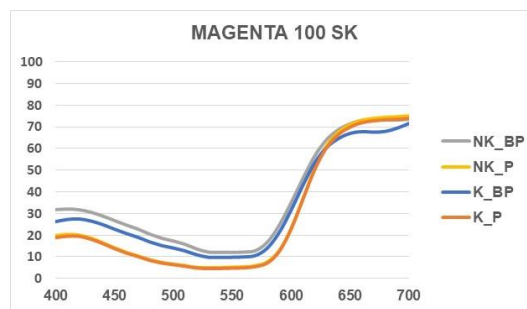
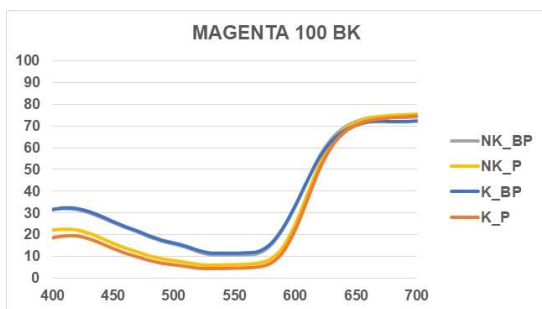
NK\_P\_SK\_zuta\_100



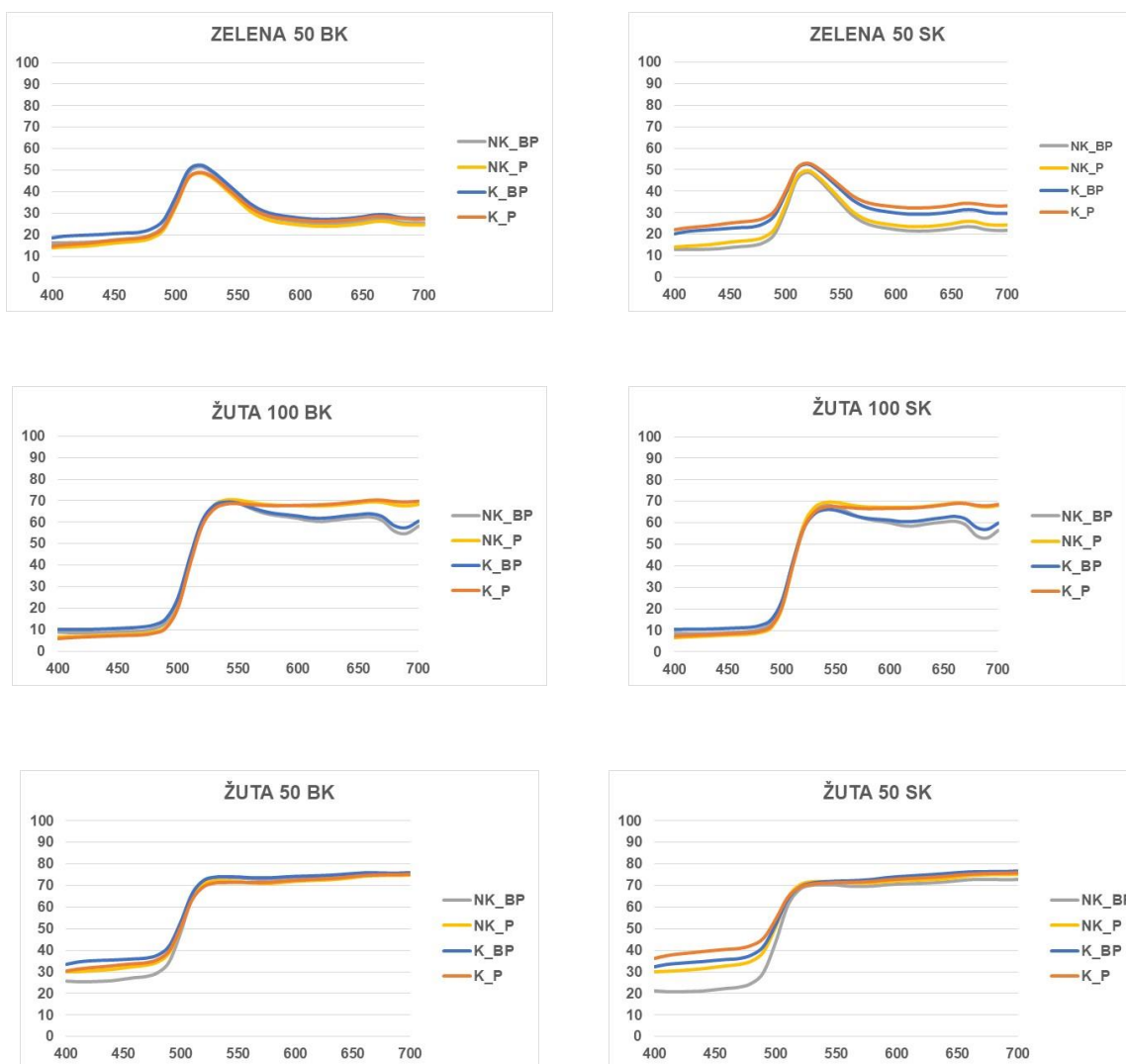


**Slika 35:** Mikroskopske snimke uzoraka (Mikroskop DinoLite AM7013MT),  
povećanje x50, nakon 5. ciklusa pranja  
Mikroskopske snimke nam поближе pokazuju učinak veziva i kationizacije na površinu tkanine. Iz mikroskopskih snimki može se vidjeti da kationizirani uzorci imaju veću pokrivenost površine od nekationiziranih uzoraka. Pojedini uzorci s vezivom pokazuju određeno oštećenje, što je i očekivano zbog debljine sloja koji je površinski vezan za tekstilnu podlogu.

Remisijske krivulje prikazane na slici 36, i dalje pokazuju trend razmicanja što znači da, ovisno o predobradi, dolazi do sve naglašenijih razlika u dubini obojenja, tj. količini vezanog pigmenta. Može se reći da su prikazane remisijske vrijednosti objektivna potvrda vizualno uočenih primjena.



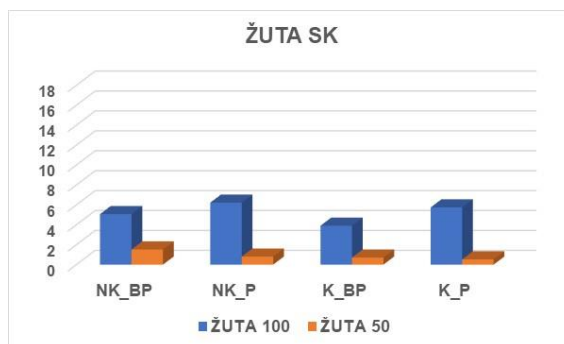
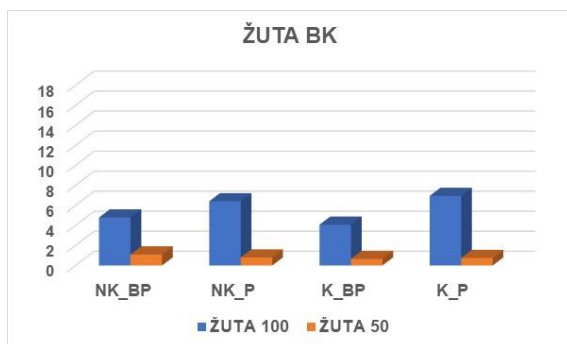
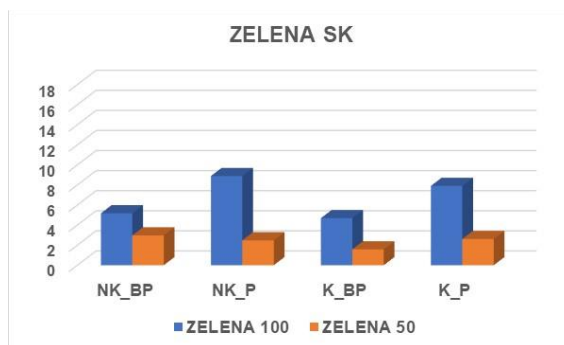
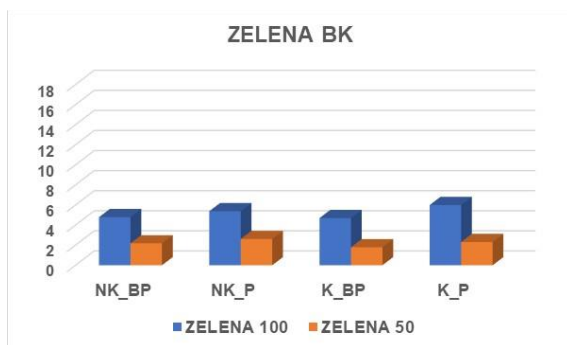
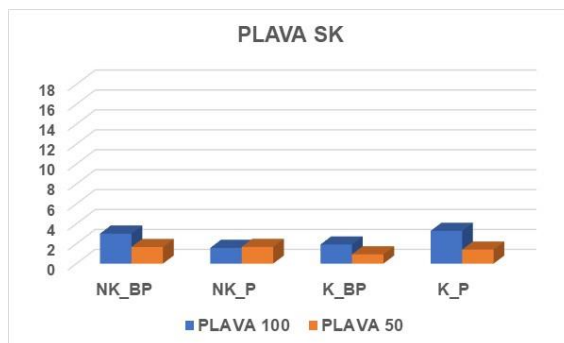
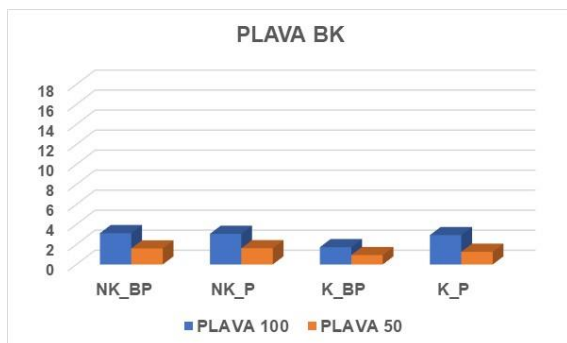
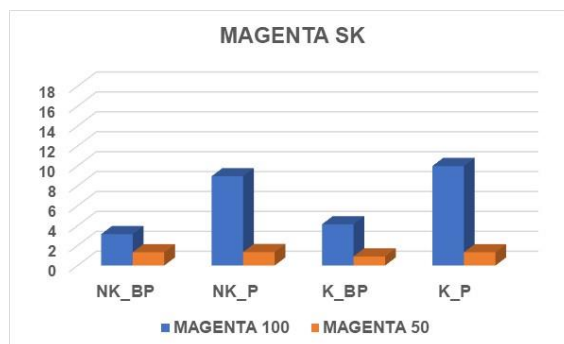
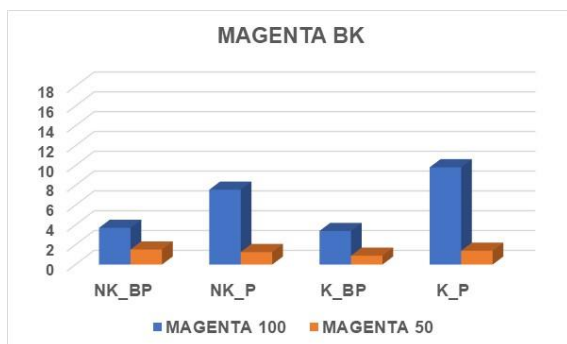




**Slika 36:** Remisijske krivulje uzoraka nakon 5. ciklusa pranja

Također, može se reći da se tek kod ovog, 5. ciklusa pranja uočava razlika između uzoraka pranih s pojačanim mehaničkim naprežanjem i uzoraka pranih bez pojačanog fizičkog naprežanja. To se vidi u naglašenijem razmicanju remisijskih krivulja za uzorke prane s pojačanim mehaničkim naprežanjem, jer u opetovanom 5. ciklusu pranja, pojačanim mehaničkim utjecajem dolazi do naglašenijeg oštećenja pigmentnog sloja, što nije bilo toliko uočljivo nakon 1. i 3. ciklusa pranja.

Rezultati remisijskih vrijednosti usko su povezani s rezultatima dubine obojenja (K/S). Nakon 5. ciklusa pranja počinju se isticati uzorci predobrađeni kationiziranjem i nanosom veziva, te se kod tih uzoraka za sve ispitivane boje uočava relativno najviša K/S vrijednost.



**Slika 37:** K/S vrijednosti otisnutih površina nakon 5. ciklusa pranja

#### 4.5. Usporedna analiza nakon sedmog ciklusa pranja

Na slikama 38 do 41, prikazani su rezultati skeniranja, mikroskopskog snimanja i spektrofotometrijskog mjerenja uzoraka nakon 7. ciklusa pranja.







NK\_BP\_BK\_plava\_100



NK\_BP\_SK\_plava\_100



NK\_P\_BK\_plava\_100



NK\_P\_SK\_plava\_100



NK\_BP\_BK\_plava\_50



NK\_BP\_SK\_plava\_50



NK\_P\_BK\_plava\_50



NK\_P\_SK\_plava\_50



K\_BP\_BK\_plava\_100



K\_BP\_SK\_plava\_100



K\_P\_BK\_plava\_100



K\_P\_SK\_plava\_100



K\_BP\_BK\_plava\_50



K\_BP\_SK\_plava\_50



K\_P\_BK\_plava\_50



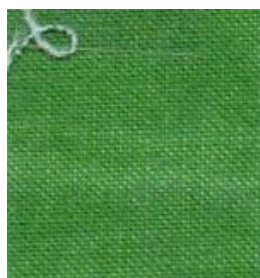
K\_P\_SK\_plava\_50



NK\_BP\_BK\_zelena\_100



NK\_BP\_SK\_zelena\_100



NK\_P\_BK\_zelena\_100



NK\_P\_SK\_zelena\_100



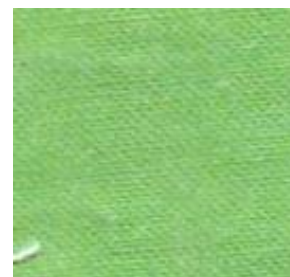
NK\_BP\_BK\_zelena\_50



NK\_BP\_SK\_zelena\_50



NK\_P\_BK\_zelena\_50



NK\_P\_SK\_zelena\_50



K\_BP\_BK\_zelena\_100



K\_BP\_SK\_zelena\_100



K\_P\_BK\_zelena\_100



K\_P\_SK\_zelena\_100



K\_BP\_BK\_zelena\_50



K\_BP\_SK\_zelena\_50



K\_P\_BK\_zelena\_50



K\_P\_SK\_zelena\_50



NK\_BP\_BK\_žuta\_100



NK\_BP\_SK\_žuta\_100



NK\_P\_BK\_žuta\_100



NK\_P\_SK\_žuta\_100



NK\_BP\_BK\_žuta\_50



NK\_BP\_SK\_žuta\_50

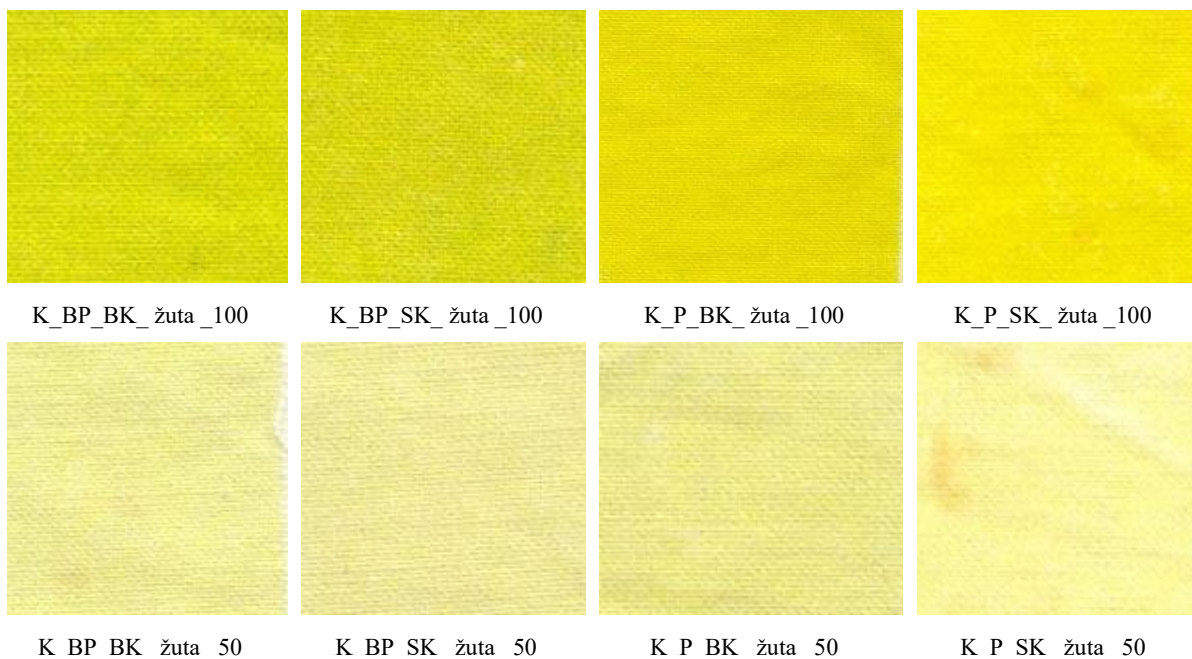


NK\_P\_BK\_žuta\_50



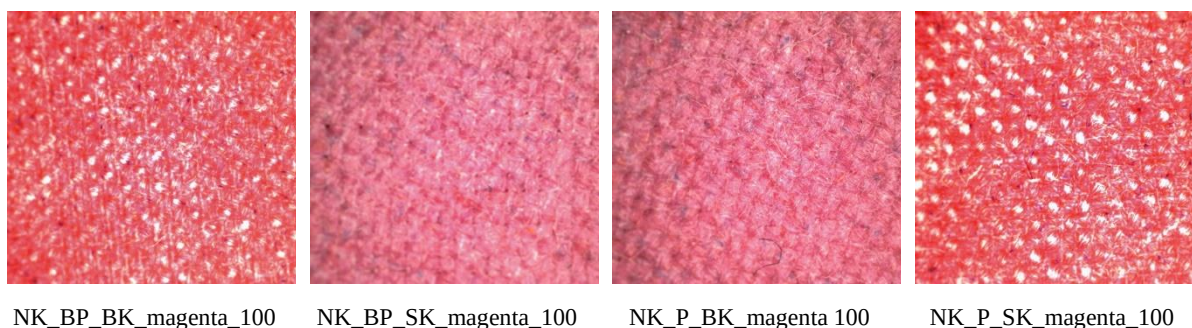
NK\_P\_SK\_žuta\_50





**Slika 38:** Prikaz skeniranih otisnutih uzoraka nakon 7. ciklusa pranja

Vizualnom procjenom skeniranih uzoraka ne uočava se značajnija razlika u stupnju oštećenja i promjene boje u odnosu na 5. ciklus pranja, no mikroskopske snimke prikazane na slici 39., jasno pokazuju, sada već znatan stupanj oštećenja pigmentnog sloja, naglašeno za uzrke obrađene vezivom. Iako se od veziva očekuje pozitivan učinak na jačinu veze između pigmenta i tekstilne površine, upravo zbog zadržavanja sveukupne količine pigmenta na površini, u uvjetima jačeg naprezanja materijala kao što je pranje, pogotovo pranje s pojačanim mehaničkim učinkom, dolazi do jačeg oštećenja i skidanja veće količine pigmenta s površine tekstila.







NK\_BP\_BK\_magenta\_50



NK\_BP\_SK\_magenta\_50



NK\_P\_BK\_magenta\_50



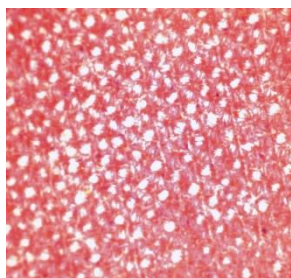
NK\_P\_SK\_magenta\_50



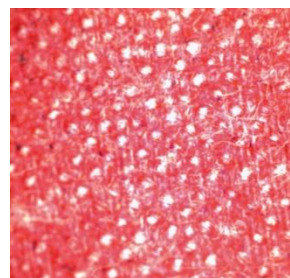
K\_BP\_BK\_magenta\_100



K\_BP\_SK\_magenta\_100



K\_P\_BK\_magenta\_100



K\_P\_SK\_magenta\_100



K\_BP\_BK\_magenta\_50



K\_BP\_SK\_magenta\_50



K\_P\_BK\_magenta\_50



K\_P\_SK\_magenta\_50



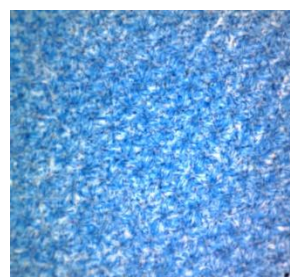
NK\_BP\_BK\_plava\_100



NK\_BP\_SK\_plava\_100



NK\_P\_BK\_plava\_100



NK\_P\_SK\_plava\_100



NK\_BP\_BK\_plava\_50



NK\_BP\_SK\_plava\_50



NK\_P\_BK\_plava\_50



NK\_P\_SK\_plava\_50





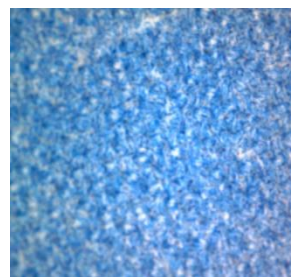
K\_BP\_BK\_plava\_100



K\_BP\_SK\_plava\_100



K\_P\_BK\_plava\_100



K\_P\_SK\_plava\_100



K\_BP\_BK\_plava\_50



K\_BP\_SK\_plava\_50



K\_P\_BK\_plava\_50



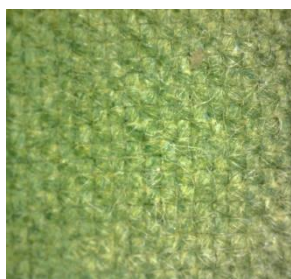
K\_P\_SK\_plava\_50



NK\_BP\_BK\_zelena\_100



NK\_BP\_SK\_zelena\_100



NK\_P\_BK\_zelena\_100



NK\_P\_SK\_zelena\_100



NK\_BP\_BK\_zelena\_50



NK\_BP\_SK\_zelena\_50



NK\_P\_BK\_zelena\_50



NK\_P\_SK\_zelena\_50



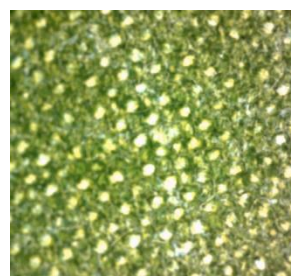
K\_BP\_BK\_zelena\_100



K\_BP\_SK\_zelena\_100

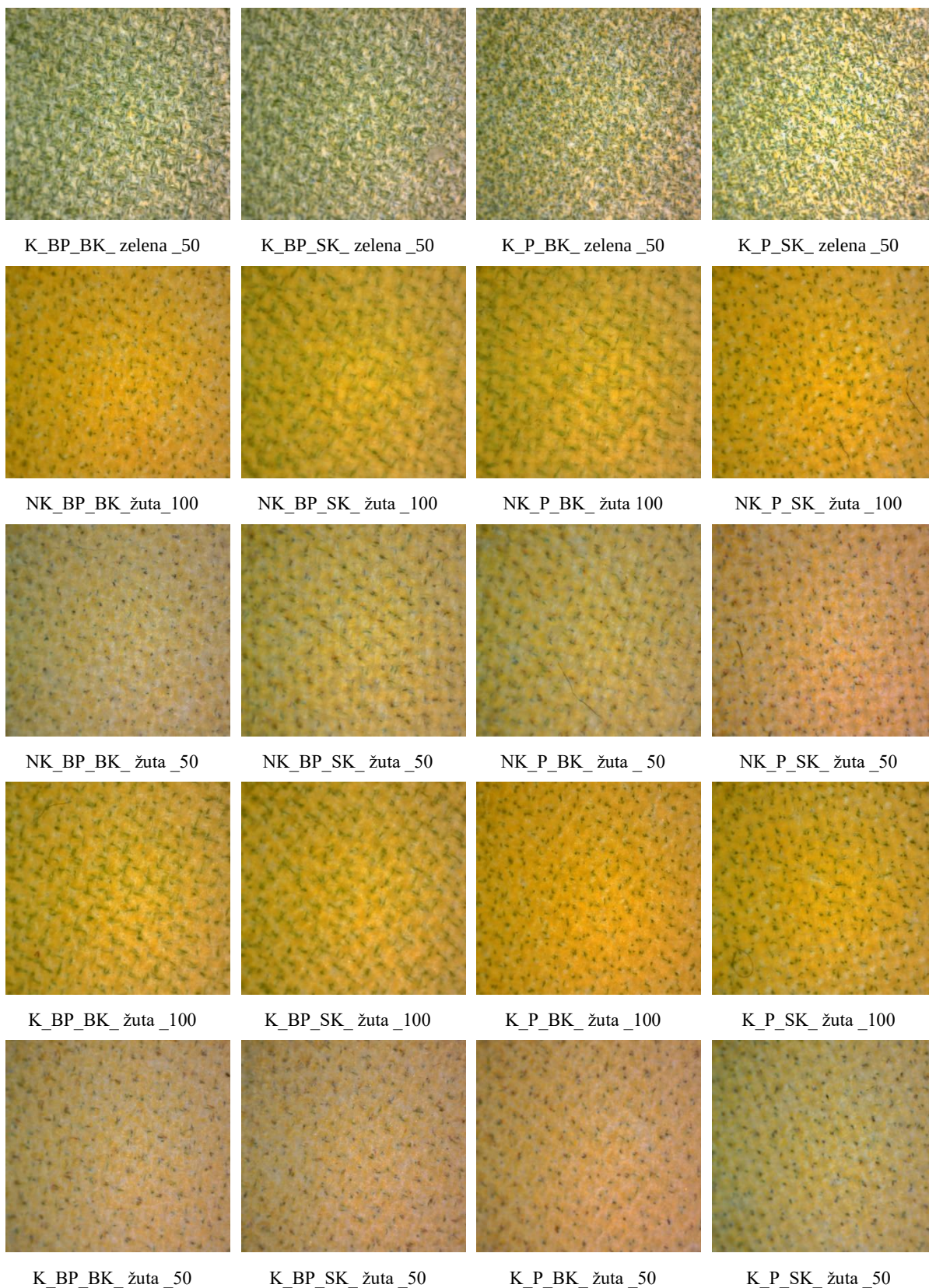


K\_P\_BK\_zelena\_100



K\_P\_SK\_zelena\_100



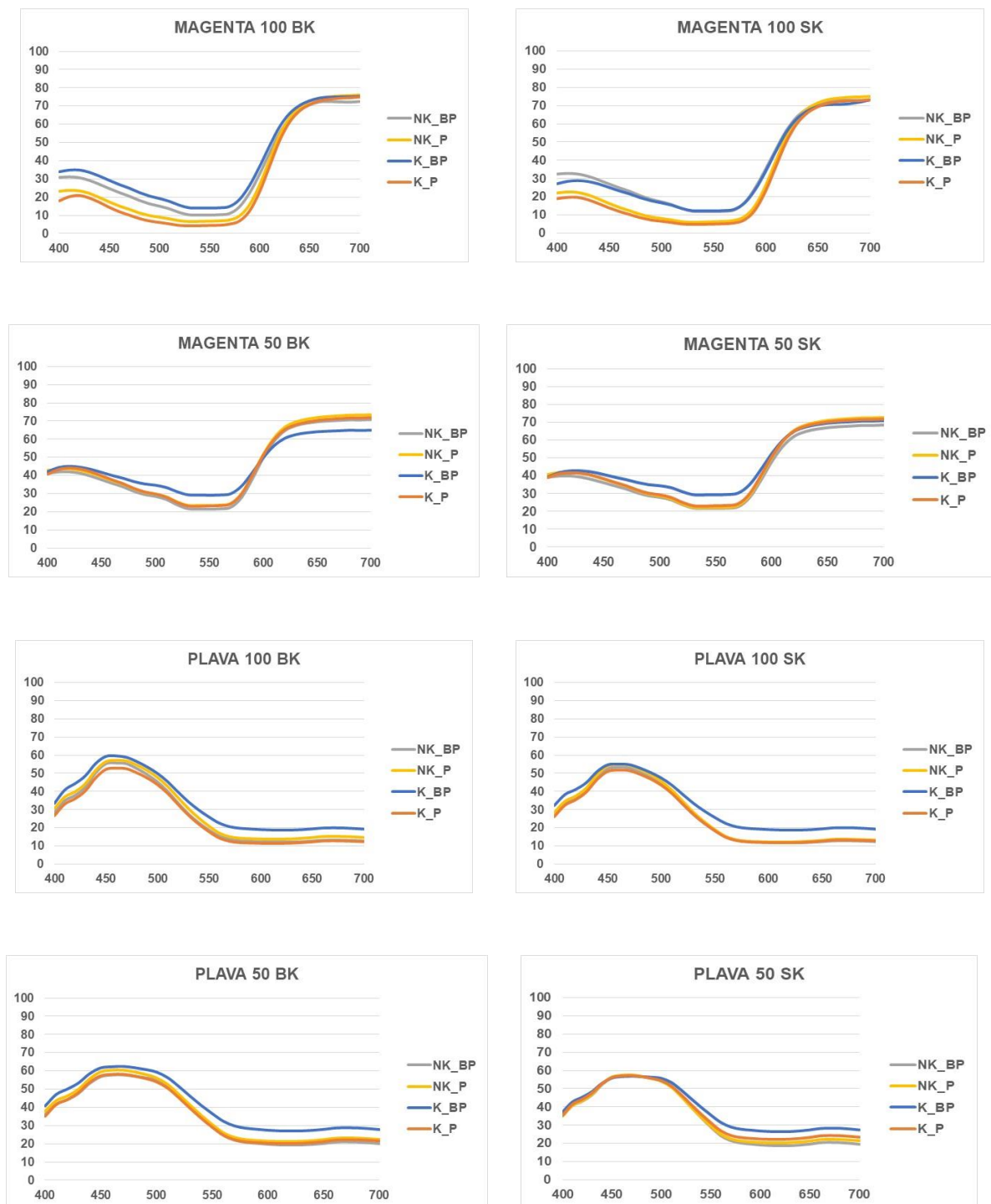


**Slika 39:** Mikroskopske snimke uzoraka (Mikroskop DinoLite AM7013MT),  
povećanje x50, nakon 7. ciklusa pranja



Mikroskopske snimke uzoraka nakon 7. ciklusa potvrđuju pozitivan učinak predobrade pamuka kationiziranjem, koji sada dolazi do izražaja kod uzoraka tiskanih bez dodanog veziva. Kod ovih uzoraka se uočava trajnije zadržavanje vezanog pigmenta u ravnomjernijem nanosu.

Na slici 40 prikazane su remisijske vrijednosti otisnutih uzoraka nakon sedmog ciklusa pranja, koje objektiviziraju vizualne promjene uočene na prethodno prikazanim snimkama uzoraka.





**Slika 40:** Remisijske krivulje uzoraka nakon 7. ciklusa pranja

Vrijednosti dubine obojenja (K/S) prikazane su na slici 41. Rezultati potvrđuju pozitivan učinak kationiziranja, te suprotno vizualnoj procjeni skeniranih i mikroskopskih snimaka, pokazuju najveću vrijednost dubine obojenja za uzorke predobrađene kationiziranjem i nanosom veziva.

To se može objasniti time što je K/S vrijednost pokazatelj objektivne vrijednosti dubine obojenja koja proizlazi iz količine vezanog pigmenta, no ne govori ništa o promjenama u ravnomjernosti tog nanosa ili nastalim oštećenjima tijekom ciklusa pranja.

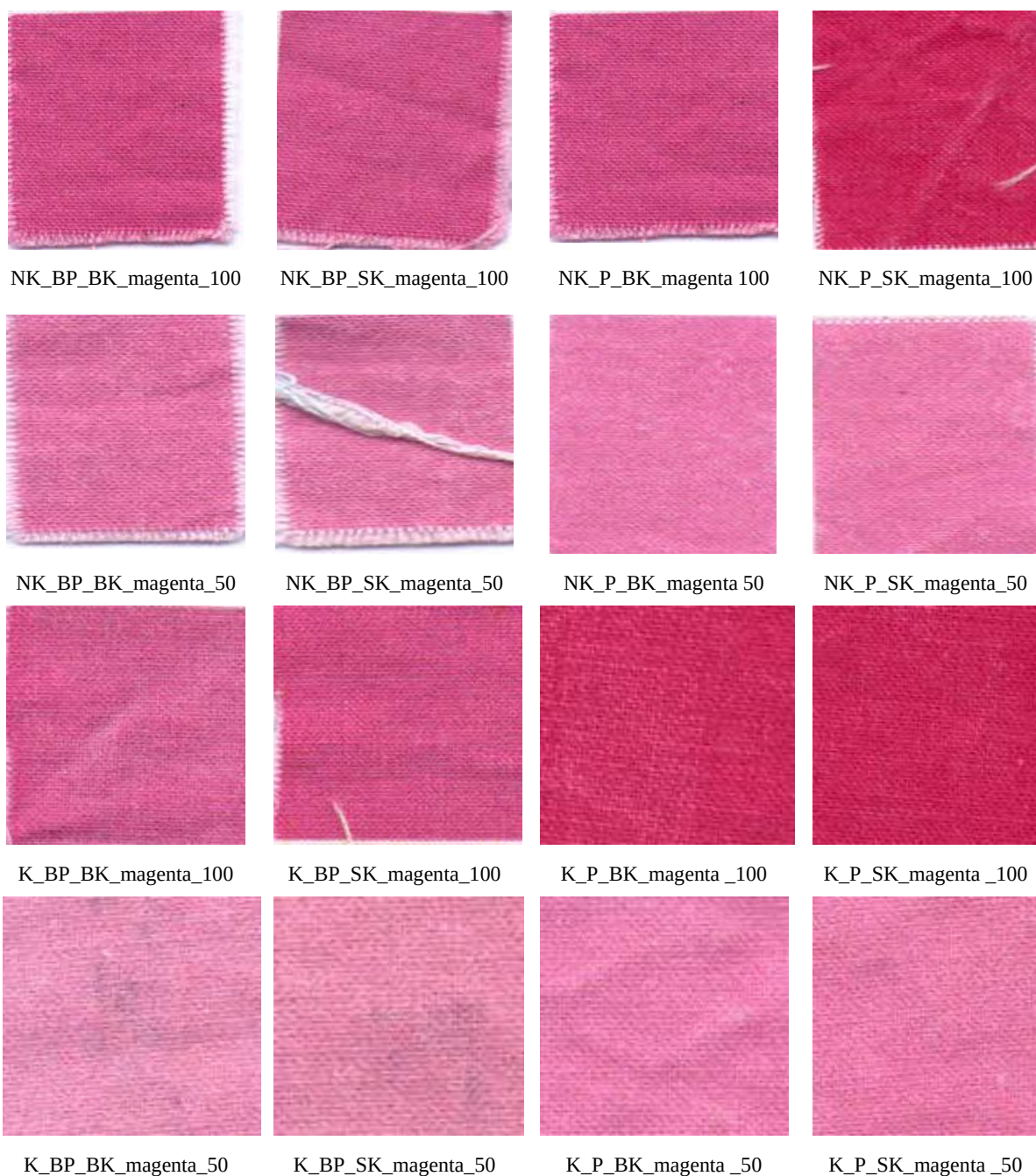


**Slika 41:** K/S vrijednosti otisnutih površina nakon 7. ciklusa pranja



#### 4.6. Usporedna analiza nakon desetog ciklusa pranja

Posljednji ciklus pranja proveden u ispitivanju postojanosti otisaka na pranje i mehaničko naprezanje tijekom pranja, bio je 10. ciklus. Rezultati skeniranih površina, mikroskopske snimke površina kao i rezultati remisijских karakteristika i karakteristika dubine obojenja (K/S) nakon desetog ciklusa pranja prikazani su na slikama 42 do 45.





NK\_BP\_BK\_plava\_100



NK\_BP\_SK\_plava\_100



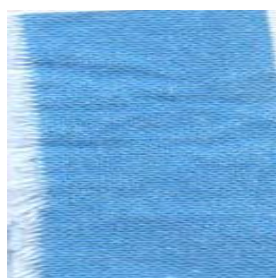
NK\_P\_BK\_plava\_100



NK\_P\_SK\_plava\_100



NK\_BP\_BK\_plava\_50



NK\_BP\_SK\_plava\_50



NK\_P\_BK\_plava\_50



NK\_P\_SK\_plava\_50



K\_BP\_BK\_plava\_100



K\_BP\_SK\_plava\_100



K\_P\_BK\_plava\_100



K\_P\_SK\_plava\_100



K\_BP\_BK\_plava\_50



K\_BP\_SK\_plava\_50



K\_P\_BK\_plava\_50



K\_P\_SK\_plava\_50



NK\_BP\_BK\_zelena\_100



NK\_BP\_SK\_zelena\_100



NK\_P\_BK\_zelena\_100



NK\_P\_SK\_zelena\_100





NK\_BP\_BK\_zelena\_50



NK\_BP\_SK\_zelena\_50



NK\_P\_BK\_zelena\_50



NK\_P\_SK\_zelena\_50



K\_BP\_BK\_zelena\_100



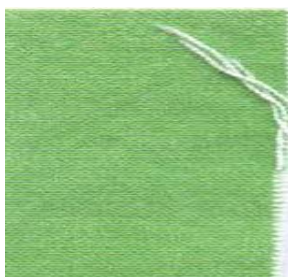
K\_BP\_SK\_zelena\_100



K\_P\_BK\_zelena\_100



K\_P\_SK\_zelena\_100



K\_BP\_BK\_zelena\_50



K\_BP\_SK\_zelena\_50



K\_P\_BK\_zelena\_50



K\_P\_SK\_zelena\_50



NK\_BP\_BK\_zuta\_100



NK\_BP\_SK\_zuta\_100



NK\_P\_BK\_zuta\_100



NK\_P\_SK\_zuta\_100



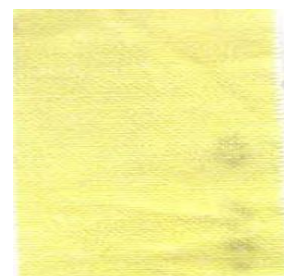
NK\_BP\_BK\_zuta\_50



NK\_BP\_SK\_zuta\_50

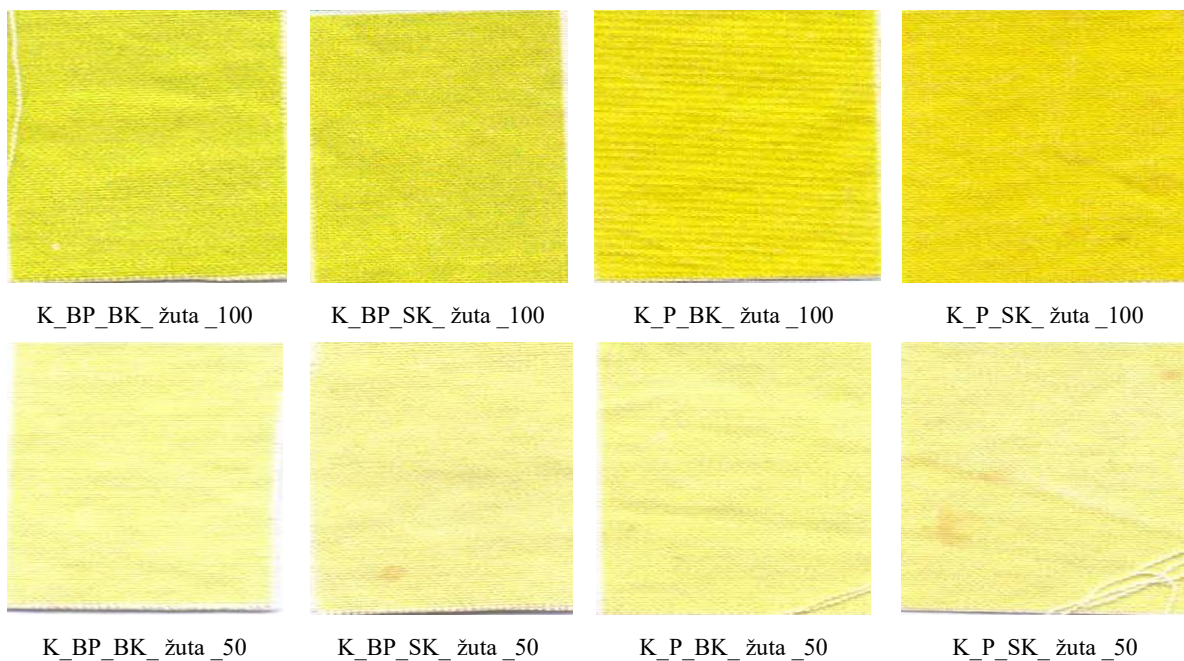


NK\_P\_BK\_zuta\_50



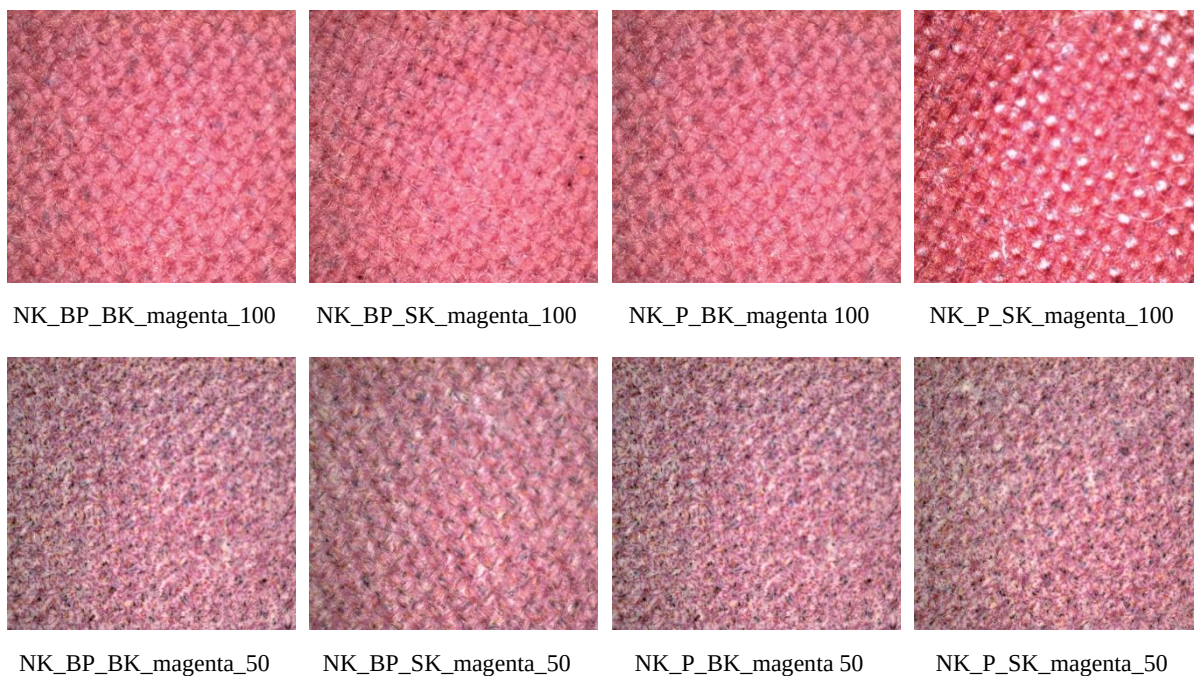
NK\_P\_SK\_zuta\_50



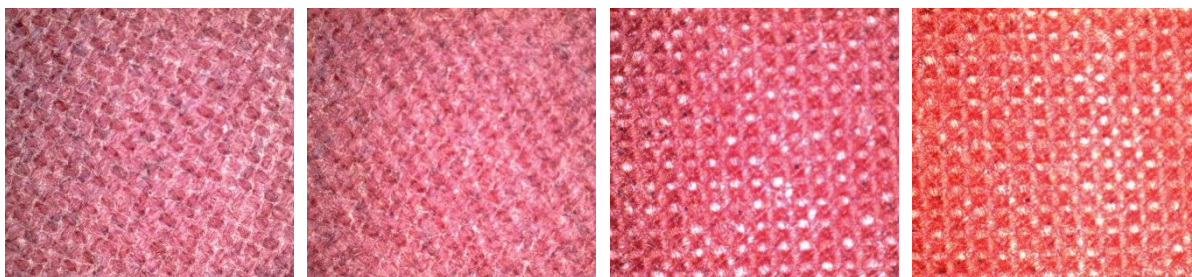


**Slika 42:** Prikaz skeniranih otisnutih uzoraka nakon desetog ciklusa pranja

Za razliku od rezultata dobivenih u ranijim ciklusima pranja, u 10. ciklusu se značajne promjene i oštećenja uočavaju za žuto otisnute uzorke koncentracijom pigmenta 50%.







K\_BP\_BK\_magenta\_100

K\_BP\_SK\_magenta\_100

K\_P\_BK\_magenta\_100

K\_P\_SK\_magenta\_100

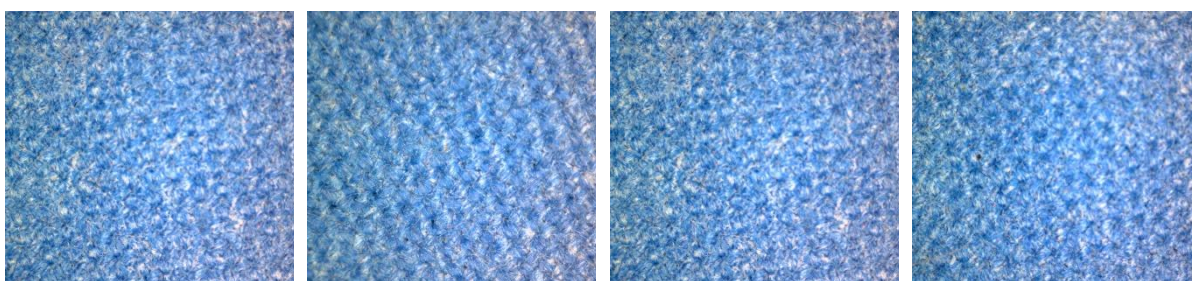


K\_BP\_BK\_magenta\_50

K\_BP\_SK\_magenta\_50

K\_P\_BK\_magenta\_50

K\_P\_SK\_magenta\_50

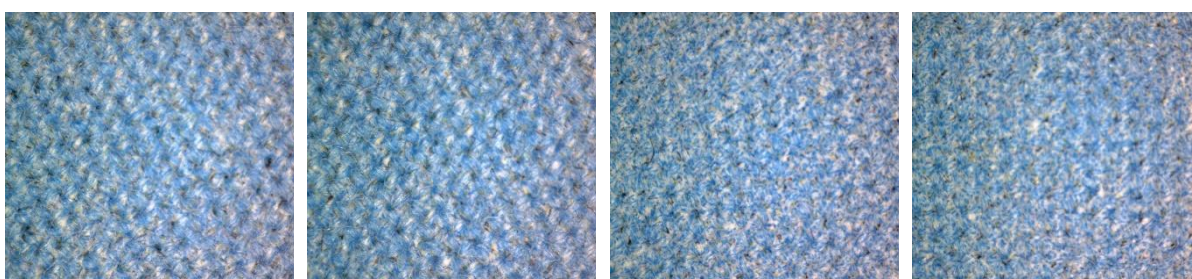


NK\_BP\_BK\_plava\_100

NK\_BP\_SK\_plava\_100

NK\_P\_BK\_plava\_100

NK\_P\_SK\_plava\_100

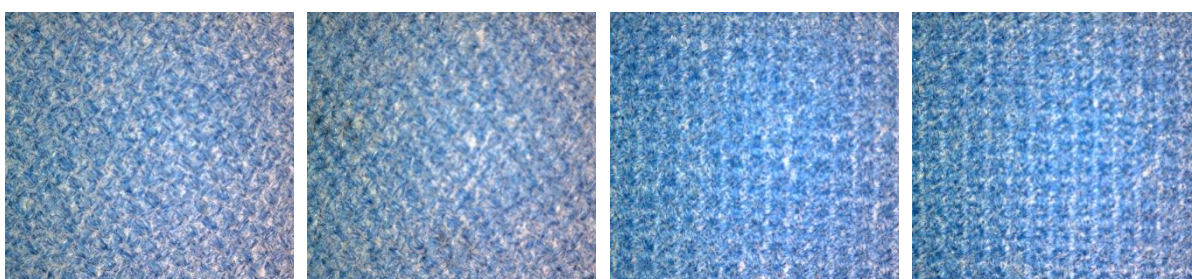


NK\_BP\_BK\_plava\_50

NK\_BP\_SK\_plava\_50

NK\_P\_BK\_plava\_50

NK\_P\_SK\_plava\_50



K\_BP\_BK\_plava\_100

K\_BP\_SK\_plava\_100

K\_P\_BK\_plava\_100

K\_P\_SK\_plava\_100





K\_BP\_BK\_plava\_50



K\_BP\_SK\_plava\_50



K\_P\_BK\_plava\_50



K\_P\_SK\_plava\_50



NK\_BP\_BK\_zelena\_100



NK\_BP\_SK\_zelena\_100



NK\_P\_BK\_zelena\_100



NK\_P\_SK\_zelena\_100



NK\_BP\_BK\_zelena\_50



NK\_BP\_SK\_zelena\_50



NK\_P\_BK\_zelena\_50



NK\_P\_SK\_zelena\_50



K\_BP\_BK\_zelena\_100



K\_BP\_SK\_zelena\_100



K\_P\_BK\_zelena\_100



K\_P\_SK\_zelena\_100



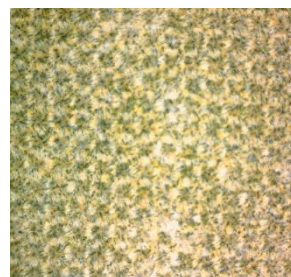
K\_BP\_BK\_zelena\_50



K\_BP\_SK\_zelena\_50

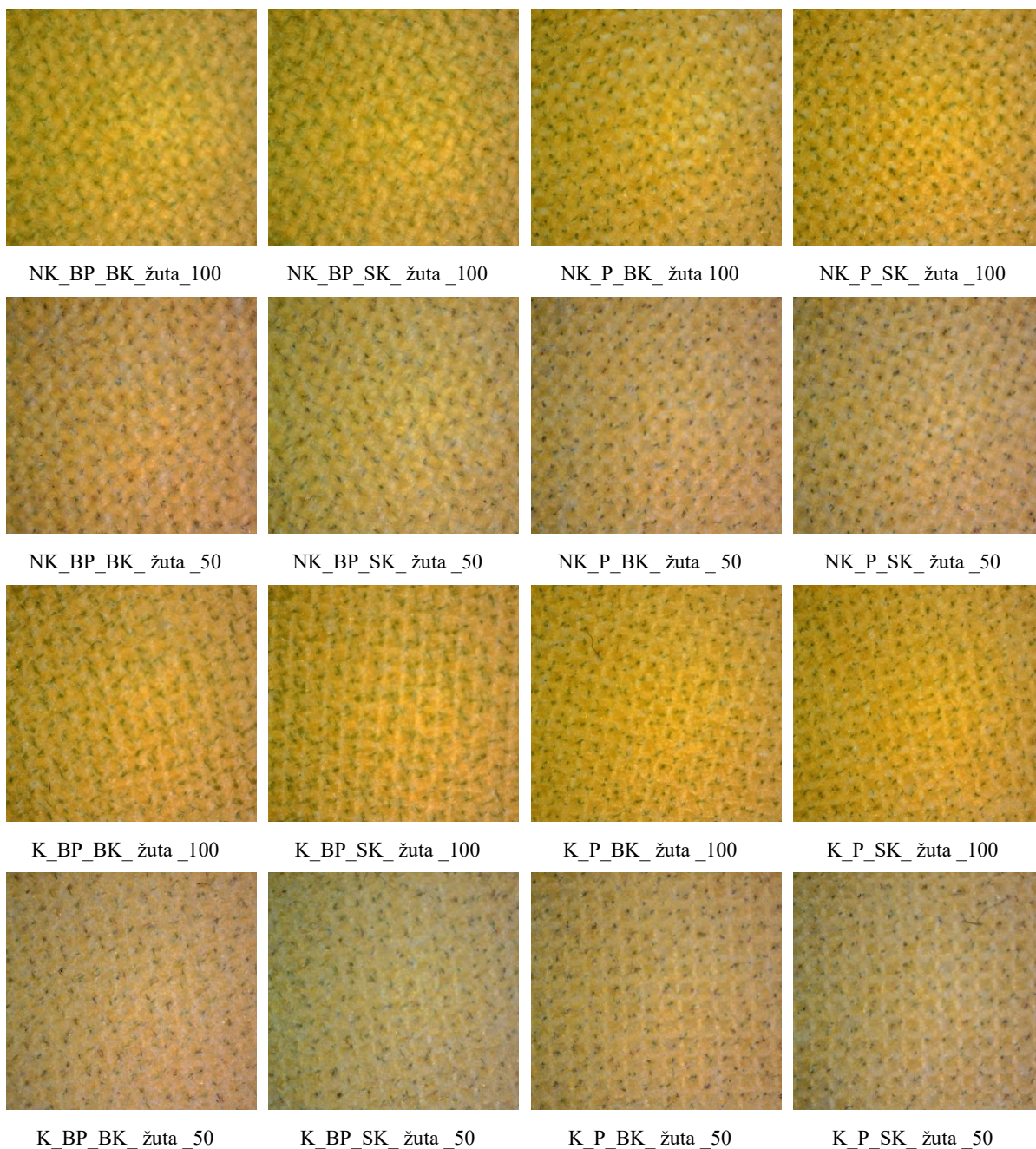


K\_P\_BK\_zelena\_50



K\_P\_SK\_zelena\_50

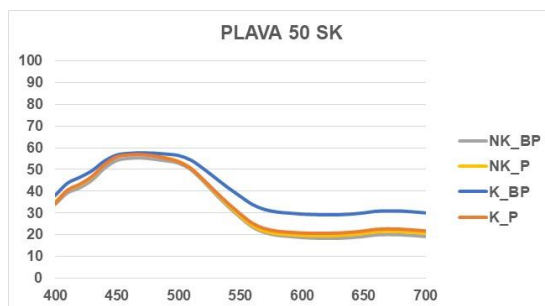
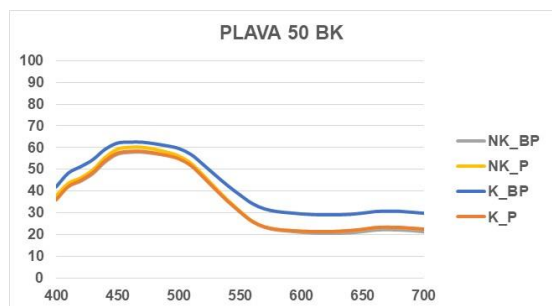
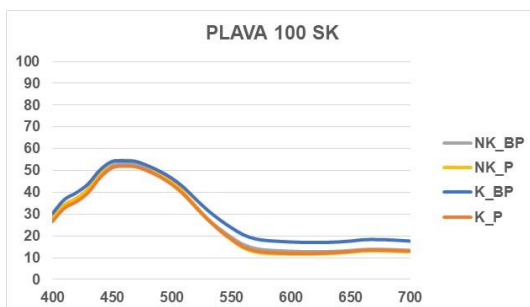
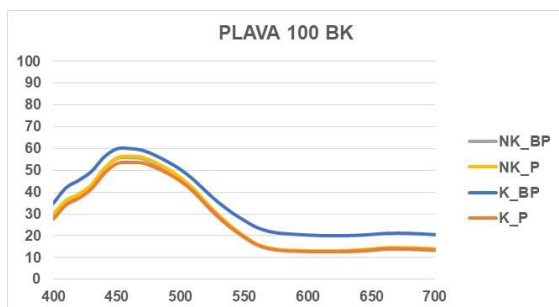
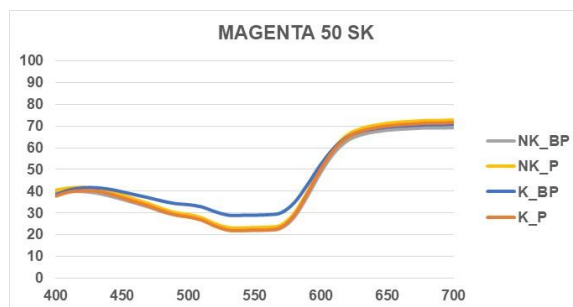
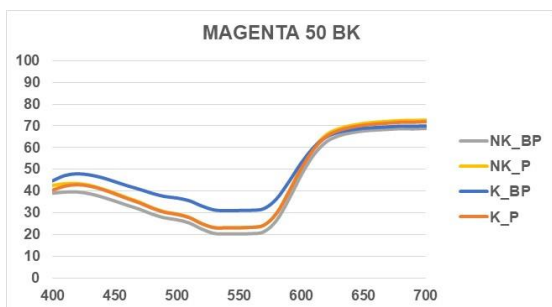
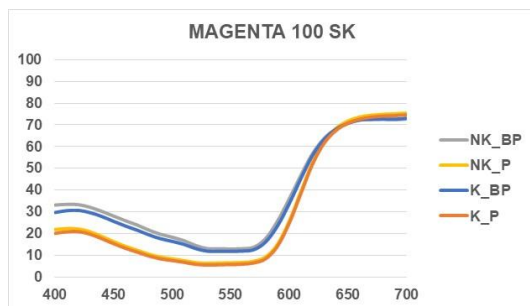
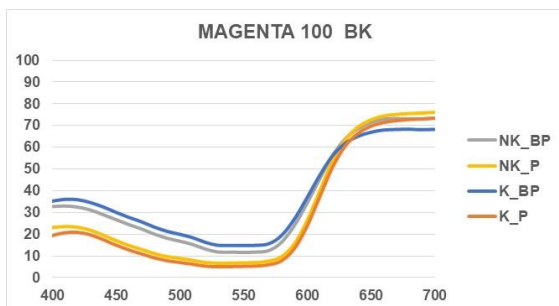


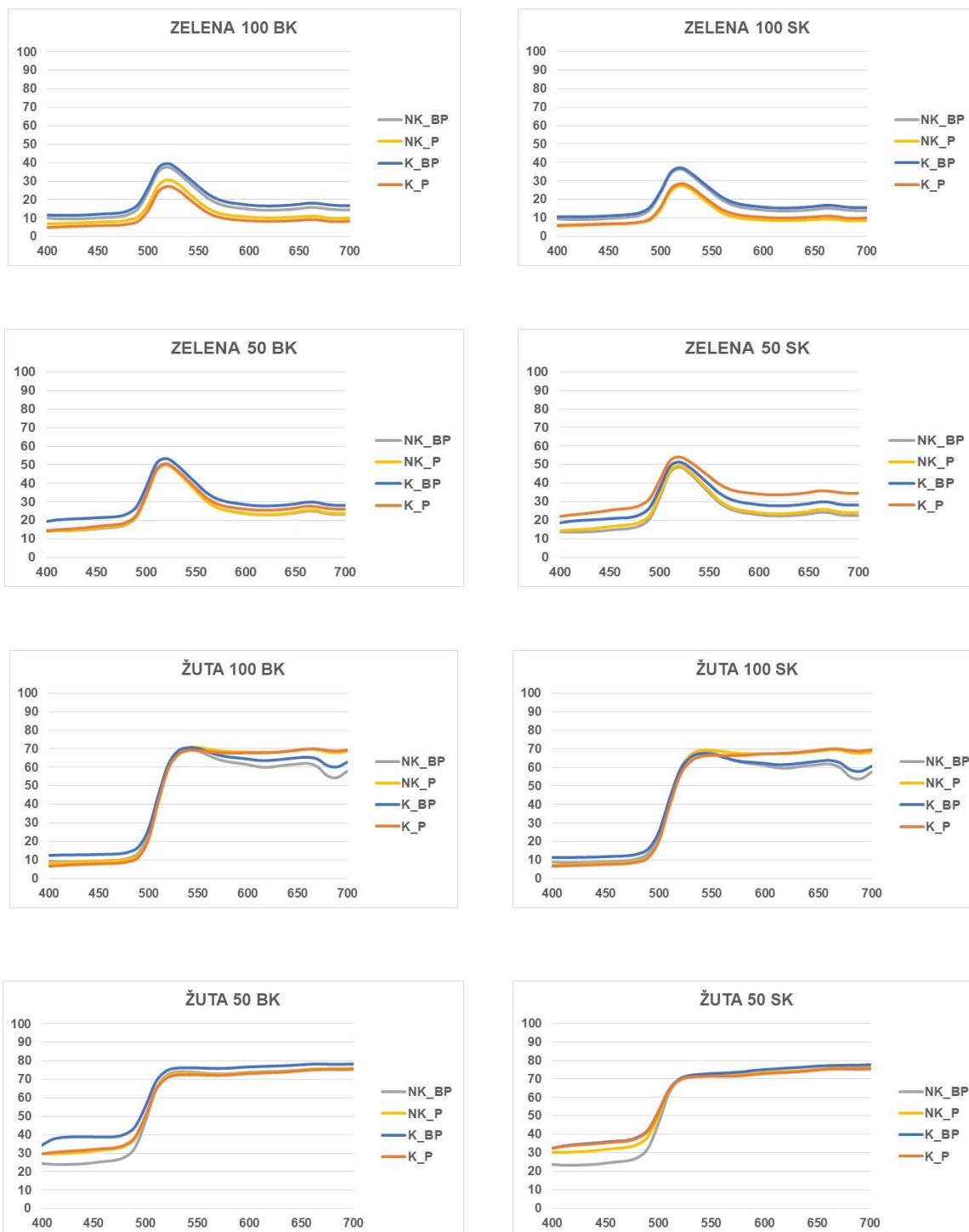


**Slika 43:** Mikroskopske snimke uzoraka (Mikroskop DinoLite AM7013MT), povećanje x50, nakon 10. ciklusa pranja

Mikroskopske snimke otisnutih uzoraka koje su prikazane na slici 43, pokazuju najveća oštećenja kod uzoraka otisnutih u magenta i zelenom tonu boje, naglašenije kod uzoraka tiskanih koncentracijom pigmenta 100%.

Remisijske krivulje prikazane na slici 44, u skladu su sa subjektivnom procjenom skeniranih uzoraka i njihovih mikroskopskih snimaka.

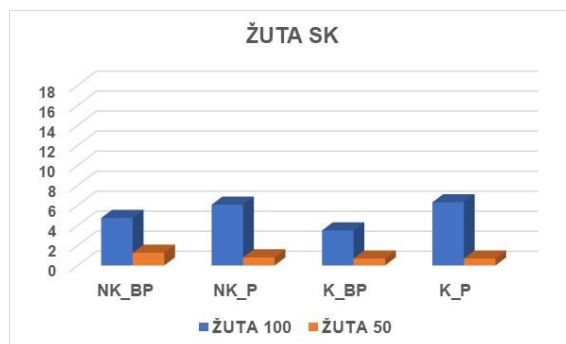
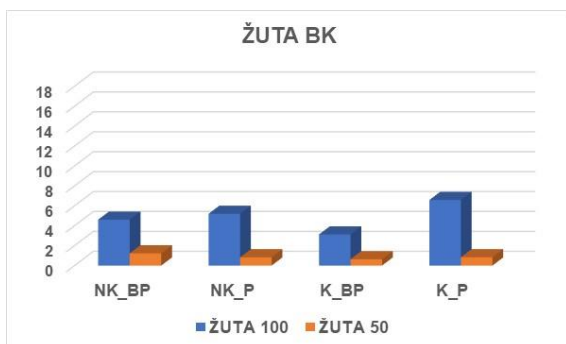
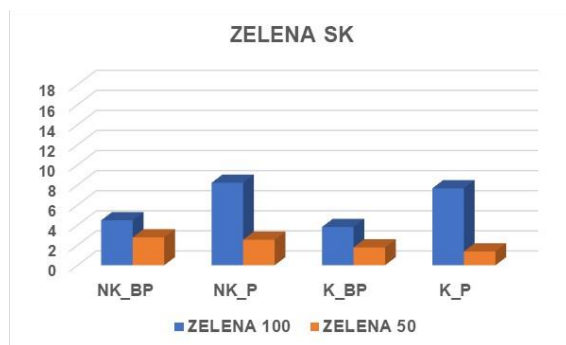
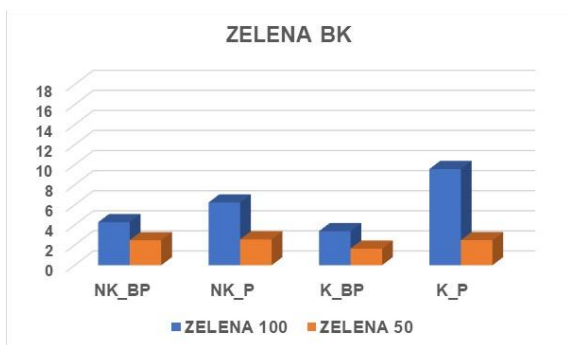
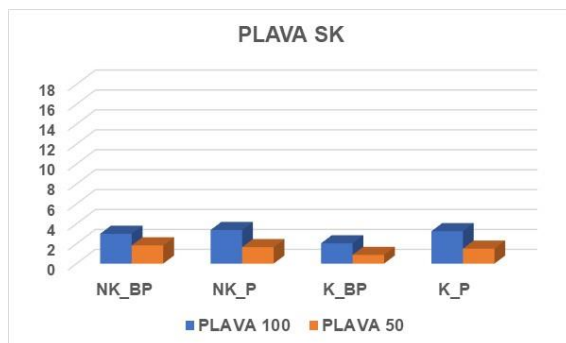
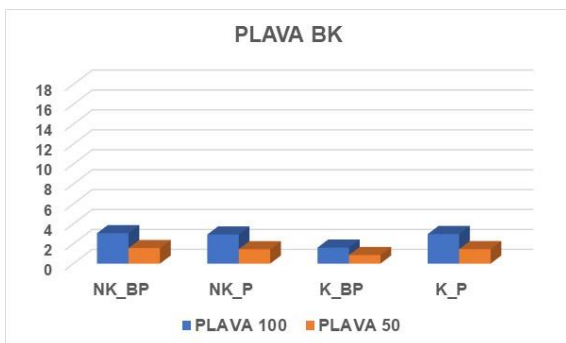
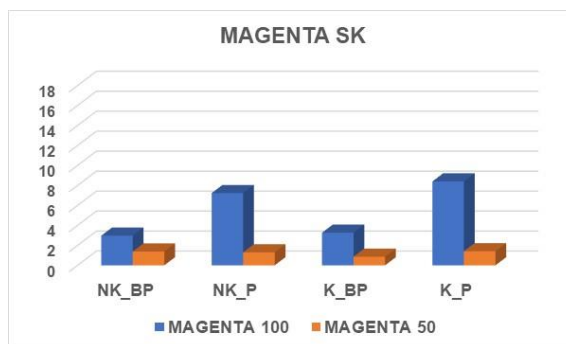
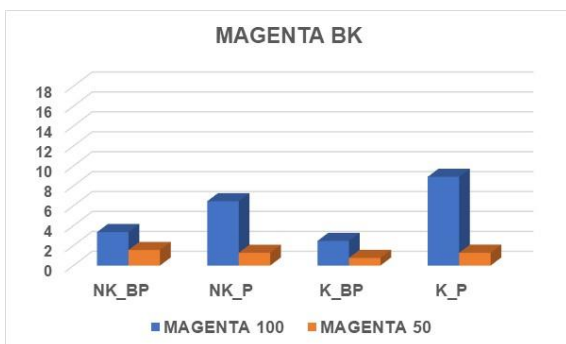




**Slika 44:** Remisijske vrijednosti otisnutih uzoraka nakon 10. ciklusa pranja

Dubina obojenja, odnosno K/S vrijednosti prikazane su na slici 45 te se ne dobivaju značajnije promjene u odnosu na prethodni, 7. ciklus pranja.





**Slika 45:** K/S vrijednosti otisnutih uzoraka nakon 10. ciklusa pranja

U tablicama 13 do 44 prikazane su objektivne vrijednosti razlika u boji, definirane prema CMC (l:c) matematičkom izrazu, koji je za vrednovanje promjene boje na tekstilu, prihvaćen ISO 105 standardom. Vrijednosti razlika prikazane su vrijednošću ukupne razlike u boji, dE te razlikama u pojedinačnim parametrima boje - razlika u svjetlini dL\*, zasićenosti/kromi dC\* te tonu dh.

**Tablica 13:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Magenta 100

| dE CMC (l:c) 2:1      |       |       |       |       |       |       |      |      |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard              | SI    |       | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| NK BP MAGENTA 100     | 1,09  |       | 2,43  |       | 1,76  |       |      |      |
|                       | dL/SI |       | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak                | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK BP MAGENTA 100 P1  | -0,08 | -0,65 | 0,11  | 0,43  | -0,09 | -0,07 | 0,17 | 0,78 |
| NK BP MAGENTA 100 P3  | 0,88  | 0,2   | -0,58 | -0,5  | -0,64 | -0,77 | 1,24 | 0,94 |
| NK BP MAGENTA 100 P5  | 0,71  | 1,43  | -0,21 | -1,34 | -0,51 | -0,31 | 0,89 | 1,98 |
| NK BP MAGENTA 100 P7  | 0,38  | 1,36  | -0,2  | -1,17 | -0,4  | -0,72 | 0,58 | 1,93 |
| NK BP MAGENTA 100 P10 | 1,11  | 1,7   | -0,88 | -1,63 | -0,76 | -0,79 | 1,6  | 2,48 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

Iako rezultati prikazani u prethodnom dijelu, ni vizualni, ni objektivne remisije i K/S vrijednosti nisu pokazale jasan utjecaj uvjeta pranja koje je provedeno sa i bez pojačanog mehaničkog učinka, kod izračuna razlika u boji dobivene su značajnije promjene u vrijednostima obojenja obzirom na navedene uvjete pranja. Za otiske magenta pigmentom u koncentraciji 100% dobivene su, općenito, veće vrijednosti ukupne razlike u boji, dE, za uzorke prane u uvjetima pojačanog mehaničkog naprezanja (SK) te je dobivena vrijednost ukupne razlike u boji dE nakon 10. ciklusa pranja 2,48, dok je za isti ciklus pranja ali u uvjetima bez pojačanog mehaničkog učinka, vrijednost ukupne razlike u boji dE iznosila 1,6, što je za razliku od vrijednosti 2,48, u granicama tolerancije. Od pojedinačnih parametara boje, očekivano, najveće razlike dobivene su u vrijednosti svjetline i zasićenosti, dok su razlike u tonu manje.

Očekivano, za uzorke otisnute koncentracijom pigmenta 50%, dobivene su niže vrijednosti razlika u boji, što direktno ukazuje na manje promjene otisaka u ciklusima pranja u odnosu na otiske dobivene koncentracijom pigmenta 100%.

Potrebno je naglasiti da se rezultati prikazani u tablicama 13 i 14, odnose na uzorke koji nisu bili predobrađeni kationiziranjem niti nanosom veziva.

**Tablica 14:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Magenta 50

| dE CMC (l:c) 2:1     |       |      |       |       |       |       |      |      |
|----------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard             | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| NK BP MAGENTA 50     | 1,2   |      | 2,15  |       | 1,56  |       |      |      |
|                      | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak               | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK BP MAGENTA 50 P1  | 0,36  | 0,22 | -0,5  | -0,32 | 0,1   | 0,08  | 0,62 | 0,4  |
| NK BP MAGENTA 50 P3  | 1,46  | 0,92 | -1,71 | -1,05 | -0,32 | -0,01 | 2,27 | 1,39 |
| NK BP MAGENTA 50 P5  | 0,65  | 1,24 | -1,44 | -2,35 | -0,14 | 0,44  | 1,59 | 2,69 |
| NK BP MAGENTA 50 P7  | 1,16  | 0,96 | -0,84 | -1,76 | -0,63 | -0,02 | 1,57 | 2,01 |
| NK BP MAGENTA 50 P10 | 0,64  | 1,11 | -0,89 | -1,74 | -0,2  | 0,23  | 1,12 | 2,08 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 15:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Magenta 100

| dE CMC (l:c) 2:1     |       |       |       |       |       |       |      |      |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard             | SI    |       | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| NK P MAGENTA 100     | 0,98  |       | 2,66  |       | 1,84  |       |      |      |
|                      | dL/SI |       | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak               | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK P MAGENTA 100 P1  | -0,2  | -0,03 | 0,6   | 0,01  | -0,26 | -0,44 | 0,68 | 0,45 |
| NK P MAGENTA 100 P3  | 1,28  | 0,41  | -1,23 | -0,61 | -1,25 | -0,67 | 2,17 | 0,99 |
| NK P MAGENTA 100 P5  | 1,66  | 0,83  | -1,08 | -0,66 | -1,5  | -0,78 | 2,48 | 1,31 |
| NK P MAGENTA 100 P7  | 2,38  | 1,97  | -1,51 | -1,26 | -1,9  | -1,54 | 3,4  | 2,8  |
| NK P MAGENTA 100 P10 | 2,34  | 1,83  | -1,6  | -1,3  | -1,74 | -1,31 | 3,33 | 2,6  |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 16:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Magenta 50

| dE CMC (l:c) 2:1   |       |       |       |       |       |       |      |      |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard           | SI    |       | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| NK P MAGENTA 50    | 1,21  |       | 2,12  |       | 1,54  |       |      |      |
|                    | dL/SI |       | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak             | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK P MAGENTA 50 P1 | 0,33  | -0,04 | -0,19 | 0,11  | -0,39 | -0,45 | 0,55 | 0,47 |
| NK P MAGENTA 50 P3 | 0,49  | 0,51  | -0,39 | -0,26 | -0,46 | -0,29 | 0,77 | 0,64 |
| NK P MAGENTA 50 P5 | 0,99  | 0,72  | -1,1  | -1,05 | -0,95 | 0,12  | 1,76 | 1,28 |



|                     |      |      |       |       |       |       |      |      |
|---------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| NK P MAGENTA 50 P7  | 1,12 | 0,81 | -0,91 | -0,54 | -0,39 | -0,38 | 1,49 | 1,04 |
| NK P MAGENTA 50 P10 | 1,02 | 0,96 | -0,83 | -0,98 | -0,57 | 0,15  | 1,43 | 1,38 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

U tablicama 15 i 16 prikazane su vrijednosti razlika u boji za nekationizirane uzorke, ali s dodatkom veziva, za 100% (tablica 15) i 50% (tablica 16) koncentracije bojila. Očekivano su veće promjene obojenja obzirom na broj pranja dobivene za uzorke tiskane sa 100% koncentracije pigmenta. Što je veća količina pigmenta raspoređena na površini tekstilnog materijala, to više pigmenta ostane nevezano, sam polimerni film koji povezuje pigment s površinom tekstilnog materijala je deblji te lakše dolazi do oštećenja u uvjetima pranja. Također, uočava se da prisustvo veziva nije značajnije utjecalo na postojanost pigmentnog nanosa u uvjetima pranja, obzirom da je dobiven trend povećanja razlika s povećanjem broja ciklusa pranja isti kao i kod uzoraka bez veziva.

U tablicama 17 do 20 prikazani su rezultati kationiziranih uzoraka sa i bez veziva, tiskanih magenta pigmentom u koncentracijama 50% i 100%. Prema dobivenim rezultatima, bez obzira na pozitivne učinke kationiziranja na ravnomjernost sloja pigmenta na tekstilnom materijalu i dubinu obojenja, kationiziranje nije doprinijelo postojanosti obojenja kod uzoraka bez veziva. No, kod uzoraka s vezivom, pogotovo kod tiskanih s 50% pigmenta uočava se pozitivan učinak kationiziranja na formiranje i umrežavanje polimernog sloja veziva te jačinu veze polimernog sloja s tekstilnim materijalom.

**Tablica 17:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Magenta 100

| dE CMC (l:c) 2:1     |       |      |       |       |       |       |      |      |
|----------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard             | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K BP MAGENTA 100     | 1,03  |      | 2,57  |       | 1,83  |       |      |      |
|                      | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak               | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K BP MAGENTA 100 P1  | 3,95  | 1,34 | -3,11 | -1,1  | -1,8  | -0,92 | 5,34 | 1,96 |
| K BP MAGENTA 100 P3  | 3,38  | 2,61 | -2,93 | -2,62 | -1,72 | -1,4  | 4,79 | 3,96 |
| K BP MAGENTA 100 P5  | 3,54  | 2,43 | -2,93 | -2,69 | -1,98 | -0,83 | 5,01 | 3,72 |
| K BP MAGENTA 100 P7  | 4,88  | 3,76 | -3,91 | -4,01 | -2,14 | -0,58 | 6,61 | 5,53 |
| K BP MAGENTA 100 P10 | 5,02  | 3,66 | -4,78 | -3,41 | -2,98 | -1,32 | 7,55 | 5,17 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 18:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Magenta 50

| dE CMC (l:c) 2:1    |       |      |       |       |       |       |      |      |
|---------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard            | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K BP MAGENTA 50     | 1,21  |      | 2,06  |       | 1,5   |       |      |      |
|                     | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak              | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K BP MAGENTA 50 P1  | 1,21  | 0,78 | -1,96 | -1,15 | -0,84 | -0,42 | 2,45 | 1,45 |
| K BP MAGENTA 50 P3  | 1,94  | 1,78 | -2,59 | -2,85 | 0,13  | 0,75  | 3,24 | 3,45 |
| K BP MAGENTA 50 P5  | 2,22  | 2,3  | -3,94 | -3,22 | 0,43  | 0,51  | 4,54 | 3,99 |
| K BP MAGENTA 50 P7  | 2,3   | 2,58 | -4,37 | -3,79 | -1    | 1,13  | 5,04 | 4,72 |
| K BP MAGENTA 50 P10 | 3     | 2,47 | -4,05 | -3,76 | -0,9  | 1,68  | 5,12 | 4,8  |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 19:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Magenta 100

| dE CMC (l:c) 2:1    |       |      |       |       |       |       |      |      |
|---------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard            | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K P MAGENTA 100     | 0,96  |      | 2,67  |       | 1,85  |       |      |      |
|                     | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak              | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K P MAGENTA 100 P1  | 0,1   | 0,08 | 0,34  | 0,31  | -0,16 | -0,18 | 0,39 | 0,36 |
| K P MAGENTA 100 P3  | 1,8   | 0,74 | -1,2  | -0,42 | -1,49 | -0,45 | 2,63 | 0,96 |
| K P MAGENTA 100 P5  | 0,92  | 1,04 | -0,37 | -0,54 | -0,72 | -0,66 | 1,22 | 1,35 |
| K P MAGENTA 100 P7  | 0,92  | 1,04 | 0,02  | -0,73 | -1,62 | -0,69 | 1,86 | 1,45 |
| K P MAGENTA 100 P10 | 1,46  | 1,84 | -0,87 | -1,05 | -1,46 | -0,98 | 2,24 | 2,33 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 20:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Magenta 50

| dE CMC (l:c) 2:1  |       |      |       |       |       |       |      |      |
|-------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard          | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K P MAGENTA 50    | 1,2   |      | 2,14  |       | 1,56  |       |      |      |
|                   | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak            | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K P MAGENTA 50 P1 | 0,44  | 0,09 | -0,28 | 0,57  | -0,02 | -0,72 | 0,52 | 0,93 |
| K P MAGENTA 50 P3 | 1,14  | 1,35 | -1,4  | -1,91 | -0,35 | 0,25  | 1,83 | 2,35 |
| K P MAGENTA 50 P5 | 1,04  | 1,2  | -0,93 | -1,36 | -0,45 | -0,24 | 1,46 | 1,83 |

|                    |      |      |       |       |       |       |      |      |
|--------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| K P MAGENTA 50 P7  | 1,52 | 1,39 | -1,16 | -1,38 | -1,06 | -0,02 | 2,19 | 1,95 |
| K P MAGENTA 50 P10 | 1,39 | 1,06 | -1,28 | -1,02 | -0,48 | 0,24  | 1,95 | 1,49 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

U tablicama 21 do 24 prikazani su rezultati razlika u boji dobiveni za nekationizirane uzorke sa i bez veziva, tiskane plavim pigmentom u koncentracijama 50% i 100%.

**Tablica 21:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Plava 100

| dE CMC (l:c) 2:1    |       |       |       |       |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard            | SI    |       | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| NK BP PLAVA 100     | 1,14  |       | 2,25  |       | 1,51  |       |      |      |
|                     | dL/SI |       | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak              | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK BP PLAVA 100 P1  | -0,3  | -0,27 | -0,01 | 0,31  | 0,07  | 0,31  | 0,31 | 0,51 |
| NK BP PLAVA 100 P3  | 0,89  | 0,03  | -0,79 | -0,14 | -0,28 | 0,11  | 1,23 | 0,19 |
| NK BP PLAVA 100 P5  | 0,68  | 0,69  | -0,51 | -1,21 | 0,12  | -0,45 | 0,85 | 1,46 |
| NK BP PLAVA 100 P7  | 0,63  | 0,34  | -0,38 | -0,78 | 0,22  | -0,57 | 0,77 | 1,02 |
| NK BP PLAVA 100 P10 | 0,77  | 0,64  | -0,64 | -1,42 | 0,17  | -0,59 | 1,01 | 1,67 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 22:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Plava 50

| dE CMC (l:c) 2:1   |       |       |       |       |       |       |      |      |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard           | SI    |       | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| NK BP PLAVA 50     | 1,22  |       | 2,04  |       | 1,45  |       |      |      |
|                    | dL/SI |       | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak             | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK BP PLAVA 50 P1  | -0,08 | -0,18 | -0,02 | -0,18 | 0,15  | 0,03  | 0,17 | 0,26 |
| NK BP PLAVA 50 P3  | 0,04  | -0,23 | -0,06 | 0,06  | 0,16  | 0,4   | 0,18 | 0,46 |
| NK BP PLAVA 50 P5  | 0,69  | 0,4   | -1,02 | -1,15 | -0,26 | -0,56 | 1,26 | 1,34 |
| NK BP PLAVA 50 P7  | 0,48  | 0,32  | -0,69 | -0,46 | 0,42  | -0,08 | 0,94 | 0,57 |
| NK BP PLAVA 50 P10 | 0,78  | 0,01  | -1,13 | -0,7  | 0,18  | -0,14 | 1,38 | 0,71 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu



**Tablica 23:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Plava 100

| dE CMC (l:c) 2:1   |       |      |       |       |       |      |      |      |
|--------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Standard           | SI    |      | Sc    |       | Sh    |      |      |      |
| NK P PLAVA 100     | 1,13  |      | 2,29  |       | 1,55  |      |      |      |
|                    | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |      | dE   |      |
| Uzorak             | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK   | BK   | SK   |
| NK P PLAVA 100 P1  | 0,44  | 0,01 | -0,2  | 0,09  | 0,29  | 0,46 | 0,57 | 0,47 |
| NK P PLAVA 100 P3  | 0,73  | 0,43 | -1,02 | -0,68 | 0,42  | 0,59 | 1,33 | 1    |
| NK P PLAVA 100 P5  | 1,28  | 3,64 | -1,2  | -4,87 | 0,44  | 0,47 | 1,8  | 6,1  |
| NK P PLAVA 100 P7  | 1,96  | 1,14 | -1,55 | -1,21 | 0,21  | 0,17 | 2,51 | 1,67 |
| NK P PLAVA 100 P10 | 1,52  | 0,84 | -1,26 | -0,86 | 0,55  | 0,38 | 2,05 | 1,26 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 24:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Plava 50

| dE CMC (l:c) 2:1  |       |      |       |       |       |      |      |      |
|-------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Standard          | SI    |      | Sc    |       | Sh    |      |      |      |
| NK P PLAVA 50     | 1,22  |      | 2,05  |       | 1,45  |      |      |      |
|                   | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |      | dE   |      |
| Uzorak            | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK   | BK   | SK   |
| NK P PLAVA 50 P1  | 0,5   | 0,23 | -0,44 | -0,86 | 0,65  | 0,29 | 0,93 | 0,94 |
| NK P PLAVA 50 P3  | 0,54  | 0,58 | -0,74 | -1,44 | 0,69  | 0,79 | 1,15 | 1,74 |
| NK P PLAVA 50 P5  | 0,75  | 0,28 | -0,45 | -0,98 | 0,6   | 0,59 | 1,06 | 1,18 |
| NK P PLAVA 50 P7  | 1,1   | 0,6  | -0,96 | -1,23 | 1,1   | 0,37 | 1,83 | 1,42 |
| NK P PLAVA 50 P10 | 1,12  | 0,47 | -1,14 | -0,91 | 0,87  | 0,24 | 1,82 | 1,05 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

Sve dobivene ukupne razlike u boji su unutar dozvoljenih granica tolerancije što potvrđuje da nije došlo do značajnije promjene u boji za nekationizirane uzorke otisnute plavim pigmentom. U tablicama 25 do 28, prikazane su vrijednosti razlika u boji za kationizirane pamuke, sa i bez veziva, tiskane koncentracijama pigmenta 50% i 100%. Najveće razlike u boji dobivene su za uzorke bez veziva, tiskane sa 100% koncentracije pigmenta. I kod ovih se uzoraka uočava da, bez obzira na pozitivne učinke kationiziranja na ravnomjernost otiska i dubinu obojenja, kod koncentracije 100% pigmenta sama predobrada kationiziranjem nije dovoljna za postizanje zadovoljavajuće postojanosti na pranje. No, kod uzoraka s vezivom, kationiziranje doprinosi ne

samo vezanju i ravnomjernijoj raspodjeli pigmenta već i postojanosti polimernog filma koji nastaje umrežavanjem veziva.

**Tablica 25:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Plava 100

| dE CMC (l:c) 2:1   |       |      |       |       |       |       |      |      |
|--------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard           | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K BP PLAVA 100     | 1,15  |      | 2,2   |       | 1,47  |       |      |      |
|                    | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak             | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K BP PLAVA 100 P1  | 0,53  | 0,89 | -0,62 | -1,27 | 0,01  | -0,07 | 0,81 | 1,55 |
| K BP PLAVA 100 P3  | 1,84  | 2,43 | -1,8  | -3,25 | 0,03  | -0,95 | 2,57 | 4,17 |
| K BP PLAVA 100 P5  | 2,91  | 2,28 | -2,1  | -2,48 | 0,62  | -0,32 | 3,64 | 3,39 |
| K BP PLAVA 100 P7  | 2,83  | 2,47 | -2,18 | -3,29 | 0,13  | -0,78 | 3,58 | 4,18 |
| K BP PLAVA 100 P10 | 3,24  | 1,93 | -2,6  | -2,51 | 0,41  | -0,72 | 4,17 | 3,25 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 26:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Plava 50

| dE CMC (l:c) 2:1  |       |      |       |       |       |       |      |      |
|-------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard          | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K BP PLAVA 50     | 1,24  |      | 1,9   |       | 1,34  |       |      |      |
|                   | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak            | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K BP PLAVA 50 P1  | 1,24  | 1,32 | -1,24 | -1,93 | 0,4   | -0,08 | 1,8  | 2,34 |
| K BP PLAVA 50 P3  | 1,67  | 2,27 | -1,98 | -3,88 | 0,44  | -0,8  | 2,62 | 4,57 |
| K BP PLAVA 50 P5  | 2,05  | 1,8  | -1,59 | -2,71 | 0,36  | -0,62 | 2,62 | 3,31 |
| K BP PLAVA 50 P7  | 1,94  | 1,49 | -1,09 | -2,37 | 0,56  | -0,99 | 2,29 | 2,97 |
| K BP PLAVA 50 P10 | 2,36  | 1,99 | -2,05 | -3,31 | 0,75  | -1    | 3,22 | 3,99 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 27:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Plava 100

| dE CMC (l:c) 2:1  |       |      |       |       |       |       |      |      |
|-------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard          | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K P PLAVA 100     | 1,12  |      | 2,25  |       | 1,52  |       |      |      |
|                   | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak            | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K P PLAVA 100 P1  | 0,24  | 0,37 | 0,19  | 0     | 0,49  | 0,32  | 0,57 | 0,49 |
| K P PLAVA 100 P3  | 1,06  | 0,91 | -0,89 | -1,07 | 0,61  | 0,29  | 1,51 | 1,44 |
| K P PLAVA 100 P5  | 1,67  | 1,11 | -1,03 | -0,91 | 0,32  | 0,07  | 1,99 | 1,44 |
| K P PLAVA 100 P7  | 0,97  | 1,12 | -0,48 | -1,11 | 0,43  | -0,03 | 1,16 | 1,58 |
| K P PLAVA 100 P10 | 1,63  | 1,14 | -1,18 | -1,05 | 0,15  | -0,05 | 2,01 | 1,55 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 28:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Plava 50

| dE CMC (l:c) 2:1 |       |      |       |       |       |      |      |      |
|------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Standard         | SI    |      | Sc    |       | Sh    |      |      |      |
| K P PLAVA 50     | 1,21  |      | 1,98  |       | 1,4   |      |      |      |
|                  | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |      | dE   |      |
| Uzorak           | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK   | BK   | SK   |
| K P PLAVA 50 P1  | 0,12  | 0,09 | 0,51  | 0,69  | 0,57  | 0,44 | 0,77 | 0,82 |
| K P PLAVA 50 P3  | 0,94  | 0,91 | -0,88 | -0,64 | 0,73  | 0,35 | 1,48 | 1,17 |
| K P PLAVA 50 P5  | 1,76  | 1,28 | -1,51 | -1,22 | 0,71  | 0,56 | 2,42 | 1,86 |
| K P PLAVA 50 P7  | 0,99  | 1,44 | -0,07 | -1,37 | 1,23  | 0,22 | 1,57 | 2    |
| K P PLAVA 50 P10 | 1,28  | 1,07 | -0,62 | -0,75 | 0,77  | 0,42 | 1,62 | 1,37 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

U tablicama 29 do 32 prikazani su rezultati za nekationizirane zelene uzorke, a u tablicama 33 do 36 prikazani su rezultati za kationizirane zelene uzorke, sa i bez veziva, tiskane koncentracijama pigmenta 50% i 100%. Za razliku od prethodnih rezultata, ovi pokazuju nižu otpornost pigmentnog nanosa na uvjete pranja te nije uočljiv pozitivan učinak kationiziranja kao kod prethodnih uzoraka. Dobiveno se može povezati s količinom pigmenta potrebnom za postizanje određenih karakteristika obojenja. Iako su pigmenti po svojoj strukturi, kemijskoj konstituciji te veličini čestice istovrsni za sva četiri primara u sustavu tiskarskih boja (cijan, magenta, žuta i crna), količina pigmenta potrebna za postizanje određenih karakteristika boje



je različita te se kod nekih obojenja, zbog količine pigmenta koja se ispušta iz pisaće glave i mora biti vezana za površinu materijala, n mogu postići zadovoljavajuće postojanosti.

**Tablica 29:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Zelena 100

| dE CMC (l:c) 2:1     |       |       |       |       |       |       |      |      |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard             | SI    |       | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| NK BP ZELENA 100     | 1,12  |       | 2,32  |       | 1,76  |       |      |      |
|                      | dL/SI |       | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak               | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK BP ZELENA 100 P1  | -0,69 | -0,6  | 0,4   | 0,26  | 0,04  | 0,13  | 0,8  | 0,67 |
| NK BP ZELENA 100 P3  | 0,12  | -0,04 | -0,79 | -0,01 | -0,1  | -0,34 | 0,81 | 0,34 |
| NK BP ZELENA 100 P5  | 0,35  | -0,03 | -0,17 | 0     | -0,14 | -0,45 | 0,41 | 0,45 |
| NK BP ZELENA 100 P7  | -0,29 | 0,02  | -0,6  | -0,69 | 0,32  | 0,03  | 0,74 | 0,69 |
| NK BP ZELENA 100 P10 | 0,59  | 0,25  | -0,67 | -0,97 | 0,03  | 0,04  | 0,89 | 1,01 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 30:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Zelena 50

| dE CMC (l:c) 2:1    |       |       |       |       |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard            | SI    |       | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| NK BP ZELENA 50     | 1,21  |       | 2,36  |       | 1,78  |       |      |      |
|                     | dL/SI |       | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak              | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK BP ZELENA 50 P1  | -0,17 | -0,01 | -0,23 | -0,01 | 0,49  | -0,02 | 0,57 | 0,02 |
| NK BP ZELENA 50 P3  | -0,03 | 0,13  | 0,02  | -0,74 | -0,19 | -0,34 | 0,19 | 0,82 |
| NK BP ZELENA 50 P5  | 1,27  | 0,05  | -2,28 | -0,62 | 0,17  | 0,04  | 2,61 | 0,62 |
| NK BP ZELENA 50 P7  | 0,46  | 0,32  | -0,94 | -0,72 | 0,18  | -0,07 | 1,06 | 0,8  |
| NK BP ZELENA 50 P10 | 0,66  | 0,23  | -1,5  | -1,26 | 0,38  | 0,06  | 1,68 | 1,29 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 31:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Zelena 100

| Standard            | SI    |       | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| NK P ZELENA 100     | 0,99  |       | 2,33  |       | 1,77  |       |      |      |
|                     | dL/SI |       | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak              | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK P ZELENA 100 P1  | -0,23 | -0,15 | 0,67  | -0,17 | -0,22 | 0,01  | 0,74 | 0,23 |
| NK P ZELENA 100 P3  | 2,33  | 0,82  | -0,43 | -1,03 | -0,7  | -0,16 | 2,47 | 1,33 |
| NK P ZELENA 100 P5  | 3,69  | 0,74  | -1,84 | -0,9  | 0,5   | 0,35  | 4,15 | 1,21 |
| NK P ZELENA 100 P7  | 4,09  | 1,48  | -2,7  | -1,06 | 0,63  | -0,07 | 4,94 | 1,82 |
| NK P ZELENA 100 P10 | 3,16  | 1,66  | -1,58 | -1,14 | -0,08 | 0     | 3,53 | 2,02 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 32:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Zelena 50

| dE CMC (l:c) 2:1   |       |      |       |       |       |      |      |      |
|--------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Standard           | SI    |      | Sc    |       | Sh    |      |      |      |
| NK P ZELENA 50     | 1,22  |      | 2,32  |       | 1,75  |      |      |      |
|                    | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |      | dE   |      |
| Uzorak             | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK   | BK   | SK   |
| NK P ZELENA 50 P1  | 0,11  | 0,23 | -0,57 | -1,08 | -0,27 | 0,4  | 0,64 | 1,18 |
| NK P ZELENA 50 P3  | 0,95  | 0,26 | -2,65 | -1,97 | 0,76  | 0,3  | 2,92 | 2,01 |
| NK P ZELENA 50 P5  | 0,41  | 0,47 | -1,56 | -1,75 | -0,35 | 0,24 | 1,65 | 1,83 |
| NK P ZELENA 50 P7  | 0,71  | 0,52 | -1,37 | -1,62 | 0,03  | 0,55 | 1,54 | 1,79 |
| NK P ZELENA 50 P10 | 0,44  | 0,43 | -1,41 | -1,86 | 0,38  | 0,46 | 1,52 | 1,97 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 33:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Zelena 100

| dE CMC (l:c) 2:1   |       |      |       |       |       |       |      |      |
|--------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard           | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K BP ZELENA 100    | 1,07  |      | 2,42  |       | 1,83  |       |      |      |
|                    | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak             | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K BP ZELENA 100 P1 | 1,53  | 0,91 | -1,15 | -0,98 | -0,34 | -0,34 | 1,94 | 1,38 |
| K BP ZELENA 100 P3 | 2,84  | 1,44 | -2,5  | -3,16 | -0,32 | 0,31  | 3,8  | 3,48 |
| K BP ZELENA 100 P5 | 2,04  | 1,96 | -2,31 | -2,62 | -0,12 | -0,28 | 3,09 | 3,28 |
| K BP ZELENA 100 P7 | 2,58  | 2,8  | -2,14 | -4,01 | 0,09  | -0,01 | 3,36 | 4,89 |

|                     |      |      |       |       |       |       |      |      |
|---------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| K BP ZELENA 100 P10 | 3,72 | 2,84 | -3,39 | -3,56 | -0,14 | -0,14 | 5,04 | 4,56 |
|---------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 34:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Zelena 50

| dE CMC (l:c) 2:1   |       |      |       |       |       |       |      |      |
|--------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard           | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K BP ZELENA 50     | 1,21  |      | 2,26  |       | 1,7   |       |      |      |
|                    | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak             | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K BP ZELENA 50 P1  | 1     | 1,04 | -1,58 | -2,06 | 0,39  | 0,2   | 1,91 | 2,31 |
| K BP ZELENA 50 P3  | 1,83  | 2,59 | -3,49 | -5,04 | 0,39  | 0,14  | 3,96 | 5,67 |
| K BP ZELENA 50 P5  | 1,88  | 2,35 | -2,72 | -3,96 | 0,51  | 0,38  | 3,35 | 4,62 |
| K BP ZELENA 50 P7  | 1,95  | 2,23 | -2,67 | -3,38 | 0,85  | -0,01 | 3,41 | 4,05 |
| K BP ZELENA 50 P10 | 2,12  | 1,88 | -3,1  | -3,32 | 0,7   | -0,13 | 3,82 | 3,82 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 35:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Zelena 100

| dE CMC (l:c) 2:1   |       |      |       |       |       |       |      |      |
|--------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard           | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K P ZELENA 100     | 0,97  |      | 2,36  |       | 1,79  |       |      |      |
|                    | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak             | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K P ZELENA 100 P1  | 0,48  | 0,07 | 0,25  | 0,91  | -0,17 | -0,47 | 0,57 | 1,02 |
| K P ZELENA 100 P3  | 3,59  | 3,29 | -2,42 | -2,03 | 0,52  | -0,51 | 4,36 | 3,9  |
| K P ZELENA 100 P5  | 4,32  | 2,87 | -2,19 | -1,57 | -0,46 | -0,73 | 4,87 | 3,35 |
| K P ZELENA 100 P7  | 3,74  | 3,41 | -0,93 | -1,36 | -0,53 | -1,04 | 3,89 | 3,82 |
| K P ZELENA 100 P10 | 2,04  | 3,24 | -1,01 | -1,61 | 0,1   | -0,73 | 2,28 | 3,69 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu



**Tablica 36:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Zelena 50

| dE CMC (l:c) 2:1  |       |      |       |       |       |      |      |      |
|-------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Standard          | SI    |      | Sc    |       | Sh    |      |      |      |
| K P ZELENA 50     | 1,21  |      | 2,27  |       | 1,7   |      |      |      |
|                   | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |      | dE   |      |
| Uzorak            | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK   | BK   | SK   |
| K P ZELENA 50 P1  | 0,56  | 0,15 | 0,06  | -0,02 | -0,26 | 0,33 | 0,62 | 0,37 |
| K P ZELENA 50 P3  | 1,33  | 1,5  | -2,49 | -3,76 | 0,7   | 1,58 | 2,91 | 4,34 |
| K P ZELENA 50 P5  | 1,09  | 2,79 | -2,06 | -5,48 | 0,39  | 1,28 | 2,37 | 6,28 |
| K P ZELENA 50 P7  | 1,13  | 2,63 | -1,17 | -5,06 | 0,01  | 0,98 | 1,63 | 5,87 |
| K P ZELENA 50 P10 | 1,06  | 3,15 | -1,23 | -5,19 | 0,83  | 0,65 | 1,82 | 6,11 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

U tablicama 37 do 40 prikazani su rezultati razlika u boji za nekationizirane uzorke, bez i sa vezivom, tiskane koncentracijama žutog pigmenta 50% i 100%, a u tablicama 41 do 44, prikazane su vrijednosti razlika u boji za kationizirane uzorke. Može se uočiti da se ni primjenom veziva ne dobivaju očekivane postojanosti te se niže vrijednosti razlika u boji dobivaju za uzorke koji su tiskani bez dodatnog nanose veziva.

**Tablica 37:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Žuta 100

| dE CMC (l:c) 2:1   |       |       |       |       |       |       |      |      |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard           | SI    |       | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| NK BP ŽUTA 100     | 1,35  |       | 3,02  |       | 1,88  |       |      |      |
|                    | dL/SI |       | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak             | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK BP ŽUTA 100 P1  | 0,14  | -0,09 | 0,46  | 0,51  | -0,46 | 0,28  | 0,66 | 0,59 |
| NK BP ŽUTA 100 P3  | 0,01  | -0,15 | -0,43 | -0,79 | 0,29  | 0,56  | 0,52 | 0,98 |
| NK BP ŽUTA 100 P5  | 0,18  | -0,07 | -0,7  | -0,78 | -0,16 | -0,19 | 0,74 | 0,8  |
| NK BP ŽUTA 100 P7  | 0,24  | 0,22  | -0,59 | -0,78 | -0,55 | -0,09 | 0,84 | 0,82 |
| NK BP ŽUTA 100 P10 | 0,2   | 0,1   | -0,98 | -0,96 | 0,1   | -0,09 | 1    | 0,96 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 38:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Žuta 50

| dE CMC (l:c) 2:1  |       |       |       |       |       |       |      |      |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard          | SI    |       | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| NK BP ŽUTA 50     | 1,39  |       | 2,35  |       | 1,47  |       |      |      |
|                   | dL/SI |       | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak            | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK BP ŽUTA 50 P1  | 0     | -0,06 | 0,17  | 1,04  | 0,04  | -0,06 | 0,18 | 1,04 |
| NK BP ŽUTA 50 P3  | -0,02 | -0,15 | -0,49 | -0,64 | 0,32  | -0,09 | 0,59 | 0,67 |
| NK BP ŽUTA 50 P5  | 0,27  | -0,37 | -1,68 | 0,21  | 0,05  | -0,28 | 1,7  | 0,51 |
| NK BP ŽUTA 50 P7  | 0,06  | 0,22  | -1,49 | -0,94 | 0,29  | -0,08 | 1,52 | 0,97 |
| NK BP ŽUTA 50 P10 | 0,27  | 0,05  | -0,65 | -0,78 | 0,04  | -0,52 | 0,71 | 0,93 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 39:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Žuta 100

| dE CMC (l:c) 2:1  |       |       |       |       |       |       |      |      |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard          | SI    |       | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| NK P ŽUTA 100     | 1,36  |       | 3,16  |       | 1,9   |       |      |      |
|                   | dL/SI |       | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak            | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK P ŽUTA 100 P1  | 0,19  | -0,01 | -0,17 | -0,15 | 0,09  | -0,03 | 0,27 | 0,15 |
| NK P ŽUTA 100 P3  | 0,15  | 0,06  | -1,65 | -1,17 | -0,13 | -0,06 | 1,66 | 1,17 |
| NK P ŽUTA 100 P5  | 0,31  | 0,21  | -1,38 | -1,78 | 0,24  | 0,15  | 1,43 | 1,8  |
| NK P ŽUTA 100 P7  | 0,54  | 0,11  | -3,69 | -2,91 | 0,6   | 0,23  | 3,77 | 2,93 |
| NK P ŽUTA 100 P10 | 0,49  | 0,22  | -2,67 | -2,07 | 0,36  | -0,02 | 2,74 | 2,08 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 40:** Prikaz ukupne razlike u boji nekationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Žuta 50

| dE CMC (l:c) 2:1 |       |       |       |       |       |       |      |      |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard         | SI    |       | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| NK P ŽUTA 50     | 1,39  |       | 2,35  |       | 1,47  |       |      |      |
|                  | dL/SI |       | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak           | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| NK P ŽUTA 50 P1  | 0,11  | -0,14 | 0,24  | -0,57 | -0,17 | -0,33 | 0,31 | 0,67 |
| NK P ŽUTA 50 P3  | 0,18  | 0,34  | -1,23 | -1,52 | -0,04 | -0,33 | 1,25 | 1,6  |
| NK P ŽUTA 50 P5  | 0,35  | 0,32  | -2,26 | -2,45 | 0,39  | 0,21  | 2,32 | 2,48 |
| NK P ŽUTA 50 P7  | 0,47  | 0,57  | -1,79 | -2,29 | 0,14  | -0,20 | 1,86 | 2,37 |
| NK P ŽUTA 50 P10 | 0,51  | 0,44  | -1,57 | -2,03 | 0,03  | -0,40 | 1,66 | 2,11 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 41:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Žuta 100

| dE CMC (l:c) 2:1  |       |      |       |       |       |       |      |      |
|-------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard          | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K BP ŽUTA 100     | 1,34  |      | 3,07  |       | 1,89  |       |      |      |
|                   | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak            | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K BP ŽUTA 100 P1  | 0,26  | 0,29 | -2,11 | -1,39 | 0,57  | 0,15  | 2,2  | 1,43 |
| K BP ŽUTA 100 P3  | 0,49  | 0,43 | -3,39 | -3,77 | 0,56  | -0,14 | 3,47 | 3,79 |
| K BP ŽUTA 100 P5  | 0,74  | 0,28 | -2,66 | -3,64 | 0,52  | -0,08 | 2,81 | 3,65 |
| K BP ŽUTA 100 P7  | 0,87  | 0,59 | -2,51 | -2,9  | 0,34  | -0,25 | 2,68 | 2,97 |
| K BP ŽUTA 100 P10 | 1,04  | 0,52 | -4,17 | -4,04 | 0,43  | 0,09  | 4,32 | 4,07 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 42:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka bez nanosa veziva i koncentraciji pigmenta Žuta 50

| dE CMC (l:c) 2:1 |       |      |       |       |       |       |      |      |
|------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard         | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K BP ŽUTA 50     | 1,39  |      | 2,31  |       | 1,44  |       |      |      |
|                  | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak           | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K BP ŽUTA 50 P1  | 0,66  | 0,5  | -2,77 | -1,98 | 0,19  | -0,12 | 2,85 | 2,05 |
| K BP ŽUTA 50 P3  | 0,75  | 0,41 | -3,93 | -4,25 | 0,1   | -0,6  | 4    | 4,31 |
| K BP ŽUTA 50 P5  | 0,81  | 0,53 | -2,96 | -3,32 | 0,54  | -0,57 | 3,12 | 3,41 |



|                  |      |      |       |       |      |       |      |      |
|------------------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|
| K BP ŽUTA 50 P7  | 0,92 | 0,77 | -3,17 | -3,48 | 0,32 | -0,27 | 3,32 | 3,57 |
| K BP ŽUTA 50 P10 | 1,19 | 0,69 | -3,72 | -3,29 | 0,32 | -0,68 | 3,92 | 3,42 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 43:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Žuta 100

| dE CMC (l:c) 2:1 |       |      |       |       |       |       |      |      |
|------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Standard         | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |      |      |
| K P ŽUTA 100     | 1,35  |      | 3,18  |       | 1,9   |       |      |      |
|                  | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE   |      |
| Uzorak           | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK   | SK   |
| K P ŽUTA 100 P1  | 0,38  | 0,2  | -0,22 | 0,44  | 0,14  | 0,22  | 0,46 | 0,54 |
| K P ŽUTA 100 P3  | 0,51  | 0,42 | -2,84 | -2,32 | 0,26  | -0,04 | 2,9  | 2,36 |
| K P ŽUTA 100 P5  | 0,64  | 0,51 | -1,52 | -2,79 | 0,2   | 0,28  | 1,66 | 2,85 |
| K P ŽUTA 100 P7  | 0,76  | 0,14 | -1,84 | -1,2  | 0,73  | -0,28 | 2,12 | 1,24 |
| K P ŽUTA 100 P10 | 0,75  | 0,38 | -2,08 | -2,52 | 0,61  | -0,42 | 2,29 | 2,58 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

**Tablica 44:** Prikaz ukupne razlike u boji kationiziranih uzoraka s nanosom veziva i koncentraciji pigmenta Žuta 100

| dE CMC (l:c) 2:1 |       |      |       |       |       |       |       |      |
|------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Standard         | SI    |      | Sc    |       | Sh    |       |       |      |
| K P ŽUTA 50      | 1,38  |      | 2,4   |       | 1,49  |       |       |      |
|                  | dL/SI |      | dC/Sc |       | dh/Sh |       | dE    |      |
| Uzorak           | BK    | SK   | BK    | SK    | BK    | SK    | BK    | SK   |
| K P ŽUTA 50 P1   | 0,38  | 0,38 | -0,9  | -1,19 | 0,06  | -0,17 | 0,98  | 1,27 |
| K P ŽUTA 50 P3   | 0,71  | 0,81 | -3,33 | -4,77 | 0,07  | 0,14  | 3,4   | 4,84 |
| K P ŽUTA 50 P5   | 0,84  | 0,99 | -3,67 | -6,8  | 0,23  | 0,21  | 3,78  | 6,87 |
| K P ŽUTA 50 P7   | -0,83 | 0,86 | 14,23 | -5,46 | -2,15 | 0,03  | 14,41 | 5,52 |
| K P ŽUTA 50 P10  | 0,97  | 0,91 | -2,76 | -4,72 | 0,4   | 0,01  | 2,95  | 4,81 |

dL - razlika u svjetlini; dC - razlika u zasićenosti; dh - razlika u tonu

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu istražen je utjecaj predobrade pamučnih tkanina nanosom veziva i postupkom kationiziranja na karakteristike otisaka izvedenih digitalnom InkJet tehnologijom. Mehanizam vezanja pigmenta za tekstilnu površinu u digitalnoj InkJet tehnologiji je iznimno kompleksan te veliki broj parametara utječe na kvalitetu i izgled otiska kao i na ponašanje otiska u uvjetima uporabe i njege.

Pokazalo se da predobrada pamučne tkanine kationiziranjem ima pozitivne učinke na ravnomjernost polimernog sloja i pigmentnog nanosa, što je od većeg značaja od same dubine obojenja.

Postojanost otisaka na pranje ispitana je prema standardnom postupku uz uporabu standardnog praškastog deterdženta. Potrebno je napomenuti da praškasti deterdženti nisu preporučljivi za primjenu u procesima njege digitalno tiskanog tekstila, zbog činjenice da uvijek određena količina praškastog deterdženta ostane neotopljen te može doći do abrazivnog učinka i oštećenja polimernog pigmentnog sloja.

I u procesima pranja uočen je pozitivan učinak kationiziranja, naglašenije kod uzoraka koji su također predobrađeni i vezivom te se ističu uzorci tiska ni magenta pigmentom u koncentraciji 100%. Rezultati su pokazali da je nakon 10. ciklusa pranja kod uzorka kationiziranog i predobrađenog vezivom dobivena najmanja promjena u površinskoj pokrivenosti pigmentom i, općenito, karakteristici boje.

Iz grafičkih prikaza može se zaključiti da kationizacija pospješuje pokrivenost površine pigmentom, količinu vezanog pigmenta te ravnomjernost sloja pigmenta. Što se tiče uzoraka koji su predobrađeni s vezivom, kod njih se također uočava da je predobrada kationiziranjem doprinijela postizanju veće pokrivenosti i ravnomjernije rasprostranjenosti pigmentnog sloja. Nakon deset ciklusa pranja nije došlo do značajnih promjena što bi značilo da su ispitivani uzorci postojani na pranje, te da kationizacija u sinergiji s vezivom, pospješuje postojanost na pranje.

## 6. LITERATURA:

- [1] S. K. Malik; S. Kadian & S. Kumar: Advances in ink-jet printing technology of textiles, Indian Journal of Fibre & Textile Research, 30 (2005), 99-113
- [2] Ink-jet ispisne glave, URL: <https://print-magazin.eu/ink-jet-ispisne-glave/>, pristupljeno [12\_03\_2020]
- [3] M. M. Marie; Y. H. El-Hamaky; D. Maamoun; D.F. Ibrahim, and S.M. Abbas: Pigment Ink Formulation for Inkjet Printing of Different Textile Materials, Innovative Space of Scientific Research Journals; Vol 4; 2013; 239-247
- [4] T. F. Burgess; S. M. Burkinshaw, and A. P. Vijayan: Diffusing Digital Ink-Jet Printing as a Production Innovation in the Printed Textiles Industry, Second World Conference on POM and 15th Annual POM Conference, Cancun, Mexico; 2004
- [5] M. M. Marie; Y. H. El-Hamaky; D. Maamoun; D. Fekry and S. M. A. Abbas: Treatment of fabrics for inkjet printing with pigment inks, URL: <https://indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=4436>, pristupljeno [18\_04\_2020]
- [6] M. I. Glogar, predavanja iz kolegija Tekstilni tisak, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, preddiplomski studij Tekstilne tehnologije i inženjerstva, smjer Tekstilna kemija, materijali i ekologija
- [7] Pigmenti, URL: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=48181>, pristupljeno [20\_04\_2020]
- [8] URL: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Pigment>, pristupljeno [20\_04\_2020]
- [9] Muhammad Rafique Khan: Pigment Ink Formulation, Tests and Test Methods for Pigmented Textile Inks, Chemistry and Materials Research; Vol 8., 2016
- [10] Dr. Ray A. Work: Pigment Printing's Role in Ink Jet Textile Printing; Recent Progress in Ink Jet Technologies, 559; 1999
- [11] Pamuk, URL: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=46363>, pristupljeno [28\_04\_2020]
- [12] Indulgent yet responsible fabrics, URL: <https://oecotextiles.wordpress.com/tag/king-cotton/>, pristupljeno: [28\_04\_2020]
- [13] A. Tarbuk; A. M. Grancarić & M. Leskovic: Novel cotton cellulose by cationization during mercerization - part 2: the interface phenomena, Cellulose, 21 (2014), 2089-2099



- [14] J. Marković; M. Vunderl; K. Grgić & A. Tarbuk: Kationiziranje otpadne pamučne tkanine, *Tekstil*, 6 (2018) 1-2, 27-33
- [15] A. Tarbuk i sur.: Kationiziranje celuloznih materijala – Mogućnost primjene u sustavima za pročišćavanje vode; *Tekstil*; **61**; 346-348; 2012
- [16] R. M. El-Shishtawy & S. H. Nassar: Cationic pretreatment of cotton fabric for anionic dye and pigment printing with better fastness properties, *Coloration Technology*, 118 (2002), 115-120
- [17] C.-X. Wang and Y.-H. Zhang: Effect of cationic pretreatment on modified pigment printing of cotton, *Materials Research Innovations*; Vol 11, 2011
- [18] McDonald R.: *Colour Physics for Industry: Light scattering and diffuse reflection* 31-33; Absorption of light (Beer-Lambert law) 33-36; Combined absorption and scattering (Kubelka-Munk analysis) 36-38; Light absorption, reflection and colour 38-43; ISBN 0 901956 70 8; Bradford, West Yorkshire, England; 1997
- [19] Raspršenje svjetlosti URL:[https://hr.wikipedia.org/wiki/Raspr%C5%A1enje\\_svjetlosti](https://hr.wikipedia.org/wiki/Raspr%C5%A1enje_svjetlosti), pristupljeno [11\_05\_2020]
- [20] URL:[https://www.researchgate.net/figure/Classical-notations-in-Kubelka-Munk-and-Saunderson-theories\\_fig3\\_222963208](https://www.researchgate.net/figure/Classical-notations-in-Kubelka-Munk-and-Saunderson-theories_fig3_222963208), pristupljeno [12\_05\_2020]
- [21] T. Dekanić i sur.: Određivanje sposobnosti upravljanja vlagom vodoodbojne pamučne tkanine kondenzirane pri niskoj temperaturi; *Tekstil*; **67**; 176-188; 2018
- [22] URL:<https://www.kruss-scientific.com/products/drop-shape/dsa25/drop-shape-analyzer-dsa25/>, pristupljeno [12\_09\_2020]