

Eva Illec¹, Aleš Hladnik² in Barbara Simončič²

¹Pokrajinski muzej Ptuj-Ormož, Muzejski trg 1, 2250 Ptuj

²Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, Snežniška 5, 1000 Ljubljana

Vpliv protimikrobne apreture na barvo in barvno obstojnost tekstilij iz naravnih vlaken

Influence of Antimicrobial Finishing on Colour and Colour Fastness of Textiles from Natural Fibres

Izvirni znanstveni članek/*Original Scientific Article*

Prispelo/Received 9-2014 • Sprejeto/Accepted 10-2014

Izvleček

Namen raziskave je bil proučiti vpliv prisotnosti protimikrobne apreture sol-gel na podlagi dimetil-tetradecil-[3-(trimetoksisilil)-propil] amonijevega klorida (Si-QAC) na barvo in barvne obstojnosti bombažne (CO), svilene (SE) in volnene (WO) tkanine, ki se največkrat uporabljajo pri konserviranju-restavriranju zgodovinskih tekstilij. Tkanina CO je bila pobarvana z direktnimi in reaktivnimi barvili ter indigom, tkanina SE s kovinsko kompleksnimi barvili in tkanina WO s kislimi barvili. Uporabljeni so bili rumeni, rdeči in modri barvni toni. Sredstvo Si-QAC je bilo naneseo v dveh naraščajočih koncentracijah. Pobarvani neapretirani in apretirani vzorci tkanin CO, SE in WO so bili umetno osvetljevani v aparatu Xenotest in večkrat zaporedno oprani v Launder-Ometru. Med osvetljevanimi in neosvetljevanimi ter pranimi in nepranimi vzorci so bile določene barvne razlike, ki so bile pozneje statistično obdelane z multifaktorsko analizo variance ANOVA. Iz rezultatov meritev je razvidno, da je prisotnost apreture vplivala na spremembo barve vseh pobarvanih vzorcev. Prisotnost apreture je statistično značilno poslabšala svetlobne obstojnosti obarvanj, ni pa statistično značilno vplivala na pralne obstojnosti obarvanj. Barvne obstojnosti so bile v veliki meri odvisne od strukture barvila.

Ključne besede: naravna vlakna, protimikrobna apretura, vpliv apreture na barvo, pralna obstojnost obarvanj, svetlobna obstojnost obarvanj

Abstract

The aim of the research was to examine the influence of the antimicrobial sol-gel finishing based on dimethyl-tetradecil-[3(trimethoxysilyl)propyl] ammonium chloride (Si-QAC) on the colour and colour fastness of cotton (CO), silk (SE) and wool (WO) fabrics, which are mostly used in the conservation-restoration of historic textiles. The fabric CO was dyed with direct and reactive dyes, and with indigo, the fabric SE was dyed with the metal complex dyes and the fabric WO with the acid dyes. Yellow, red and blue colours were used. The Si-QAC agent was applied in two increasing concentrations. The dyed non-finished and finished samples of fabrics CO, SE and WO were artificially illuminated in Xenotest, and repeatedly washed in Launder-Ometer. Colour differences were determined between illuminated and non-illuminated as well as washed and non-washed samples and consequently statistically evaluated with the multifactor analysis of variance, ANOVA. The results show that the presence of the coating resulted in the colour change of all studied samples. The coating presence significantly impaired the lightfastness of dyeings, but did not significantly affect the washing fastness of dyeings. Colour fastness was importantly influenced by the dye structure.

Keywords: natural fibres, antimicrobial finishing, influence of the coating on colour, washing fastness of dyeings, light fastness of dyeings

Korespondenčna avtorica/Corresponding author:

Prof. dr. Barbara Simončič

E-pošta: barbara.simoncic@ntf.uni-lj.si

Tekstilec, 2014, letn. 57(4), str. 283–299

DOI: 10.14502/Tekstilec2014.57.283–299

1 Uvod

Konserviranje-restavriranje tekstilij zgodovinskega pomena je pomemben segment varovanja kulturne dediščine [1, 2]. Pomembna faza konservatorsko-restavratorskih posegov je priprava novih tekstilnih materialov, s katerimi stabiliziramo poškodbe v originalnem tkivu. Nova tkanina se mora ujemati z originalom v konstrukciji in barvi, zaželena pa je tudi zaščita pred biorazgradnjo, saj se konserviran in restavriran tekstil po posegih ne nahaja vedno v ustreznih klimatskih razmerah.

Pri pripravi novih materialov, ki jih vstavimo v original, moramo upoštevati stroge omejitve, ki jih predpisuje konservatorsko-restavratorska stroka. Tako barvila kot apreturna sredstva, ki se nahajajo na novih tekstilijah, ne smejo prehajati na zgodovinsko tekstilijo in spremeniti lastnosti originalnega tekstilnega predmeta. Barvila in apreturna sredstva morajo biti med seboj združljiva. Če so, prisotnost apreturnega sredstva ne povzroči vidne spremembe barve in barvnih obstojnosti obarvanj, barvilo pa ne poslabša funkcionalnih lastnosti apreturnega sredstva. Ker je stopnja združljivosti barvil in apreturnih sredstev odvisna od različnih dejavnikov, kot so njihova kemijska struktura, surovinska sestava tekstilij ter razmere, pri katerih hranimo konserviran in restavriran zgodovinski tekstil, je to področje raziskav izjemno kompleksno in še v veliki meri neraziskano.

V literaturi so objavljene številne raziskave na področju protimikrobne zaščite tekstilnih vlaken, ki obravnavajo vpliv različnih dejavnikov na učinkovitost njihovega protimikrobnega delovanja. Med dejavniki lahko omenimo strukturo in koncentracijo sredstva [3-8], mehanizem protimikrobnega delovanja [3, 9-12], postopek priprave in nanosa sredstva na vlakna [13-17], strukturo in lastnosti tekstilnih vlaken [18, 19] ter njihovo predhodno obdelavo [20-24]. Prav tako smo v literaturi zasledili podatke o vplivu prisotnosti protimikrobne apreture na mehanske lastnosti vlaken [25], njihovo omočljivost [25], barvo in belino [26-29], nismo pa še zasledili študij, ki bi vključevale sistematično proučevanje vpliva protimikrobne apreture na barvo in barvno obstojnost različnih obarvanj. In prav slednje raziskave so izjemno pomembne za kakovostno izvajanje postopkov konserviranja-restavriranja zgodovinskih tekstilij.

Zato je bil namen raziskave proučiti vpliv protimikrobne apreture na spremembo barvnega tona ter

svetlobne in pralne obstojnosti obarvanih tekstilij (obarvanj) iz naravnih vlaken, ki se najpogosteje uporabljajo pri konserviranju-restavriranju. V ta namen smo izbrali protimikrobno apreturo sol-gel na podlagi organosilicijevega polimera s stransko alkildimetilamonijevo skupino. Izbor apreture ni bil naključen, saj je bilo ugotovljeno, da na površini tekstilnih vlaken oblikuje zvezni zamrežen nanokompozitni polimerni film, ki prevleče vlakna in se z njih tudi po večkratnem pranju ne odstrani [8, 14, 30]. Stranske kationske skupine, ki so usmerjene stran od površine vlaken, delujejo kot biološka ovira za različne mikroorganizme [30]. Trdno vezanje apreturnega filma na površino vlaken zagotavlja, da se apretura ne sprošča v okolico in tako ne more preiti na zgodovinsko tekstilijo, ki jo restavriramo. Prednost izbrane apreture sol-gel je tudi v tem, da se lahko na vlakna preprosto nanaša pri sobni temperaturi z izčrpalnim postopkom, oblikovani polimerni film pa je izredno tanek, debel le nekaj 10 nm. V raziskavi smo protimikrobno apreturno sredstvo nanесли na bombažno, svileno in volneno tkanino, pred tem pobarvano z ustreznimi barvili v modrem, rdečem in rumenem barvnem tonu. Pri tem smo želeli ugotoviti, kako prisotnost sredstva vpliva na barvni ton in spremembo barve obarvanj po večurnem umetnem osvetljevanju in večkratnem zaporednem pranju vzorcev tkanin.

2 Materiali in metode

2.1 Materiali

V raziskavi smo uporabili alkalno izkuhano in beljeno bombažno tkanino (CO) (vezava platno, ploščinska masa 120 g/m²), oprano nebeljeno svileno tkanino (SE) (vezava platno, ploščinska masa 75 g/m²) in prano nebeljeno volneno tkanino (WO) (vezava platno, ploščinska masa 75 g/m²).

Izbrali smo protimikrobno apreturno sredstvo Sanitized T 99-19 (Sanitized, Švica) na podlagi dimetil-tetradecil-[3-(trimetoksisilil)-propil]amonijevega klorida (Si-QAC).

Uporabili smo direktna barvila TUBANTIN Blau GLL, TUBANTIN Bordeaux 2 BL in TUBANTIN Gelb 4 GL, reaktivna barvila BEZAKTIV Blau S-2R, BEZAKTIV Rot S-B in BEZAKTIV Gelb S-8G, kovinsko kompleksna barvila BEMAPLEX Marineblau C-RD, BEMAPLEX Bordeaux C-GT

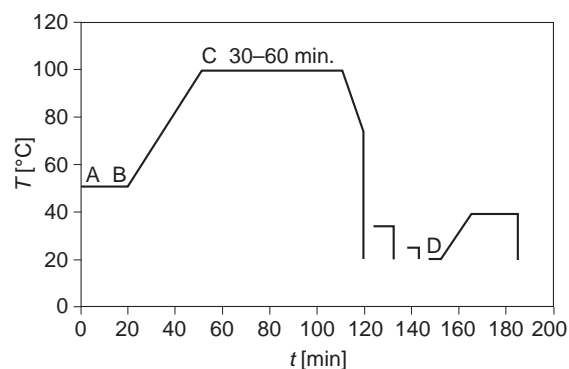
in BEMAPLEX Gelb C-BR, kislila barvila BEMACID Blau GW, BEMACID Rot GW in BEMACID Gelb 2R ter Indigo, AXX Gran. Med pomožnimi sredstvi smo uporabili gladilno sredstvo BIAVIN 109, sredstvo za miljenje COTOBLANC NSR, dispergator SMS, egalizirno sredstvo KERIOLAN A2N, protipenilno sredstvo z omakalnim delovanjem KOLLASOL LOK, zaščitni koloid s kompleksirnim delovanjem MEROPAN NX, sredstvo za poobdelavo obarvanj REWIN MRT in egalizirno sredstvo SARABID SBF. Vsa barvila in pomožna sredstva smo prejeli iz tovarne Bezema v Švici. Poleg teh sredstev smo uporabili še omakalno sredstvo FIMIBIL E-AS ter kompleksant z dispergirnim delovanjem LAVORAL S 700, ki sta bila izdelka italijanske firme Giovanni Bozzeto.

2.2 Barvanje

Tkanino CO smo pobarvali z direktnimi in reaktivnimi barvili ter indigom, tkanino SE s kovinsko kompleksnimi barvili in tkanino WO s kislimi barvili. Koncentracije barvil so bile v odstotkih na maso suhega vzorca tkanine. Barvalne kopeli smo pripravili z deionizirano vodo v ustreznih razmerjih med maso vzorca in maso barvalne kopeli (KR), ki je bilo za barvanje CO z direktnimi in reaktivnimi barvili 1:20, za barvanje SE in WO pa 1:50. Barvanja smo izvedli po izčrpalnem postopku v čašah skladno z navodili izdelovalca barvil. Na slikah od 1 do 4 so prikazani diagrami barvanja. Po barvanju smo vzorce izpirali najprej z deionizirano, nato pa s trdo vodo.

Barvanje tkanine CO z indigom je potekalo v skladu z navodili, ki so podrobno predstavljena v literaturnem viru [31]. Obsegalo je tri stopnje: pranje, barvanje in izpiranje. Pralna kopel je vključevala 25 g/l NaOH 48 °Bé, 4 g/l Lavoral S 700 in 4 g/l Fimibil E-AS. Kopel smo segreti na 60 °C in v njej 12 minut obdelovali vzorec tkanine. Po pranju smo tkanino oželi na dvovaljčnem fularju. Barvanje je potekalo v osmih barvalnih kopelih. Vsaka je vsebovala 80 g/l Indigo AXX Gran, g/l CHT, 240 ml/l NaOH 38 °Bé in 120 g/l Na₂S₂O₄. Kopel smo segreti na temperaturo 26 °C in v njej 12 sekund barvali vzorec tkanine. Po tem času smo tkanino prenesli v naslednjo barvalno kopel in postopek ponovili. Po barvanju smo vzorec tkanine oželi na dvovaljčnem fularju ter indigo oksidirali s 60-sekundno zračno pasažo. Sledili sta izpiranji v deionizirani vodi, segreti na 60 °C. Po vsakem izpiranju smo izvedli kratko zračno

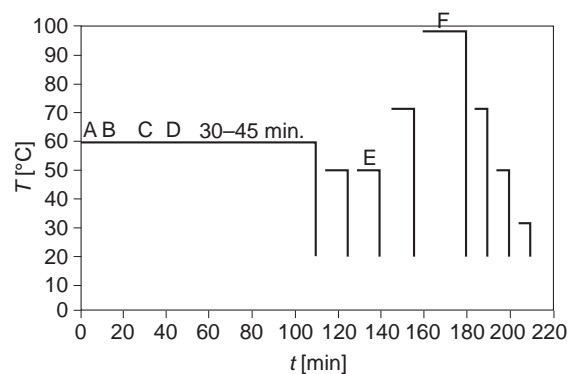
pasažo. Tudi tretje izpiranje smo izvedli v deionizirani vodi pri 60 °C.



Slika 1: Diagram barvanja bombažne tkanine z direktnimi barvili. S črkami od A do D so označeni dodatki v barvalno kopel.

Figure 1: Dyeing diagram of cotton fabric with direct dyes. Letters A to D denote the additives in dyeing bath.

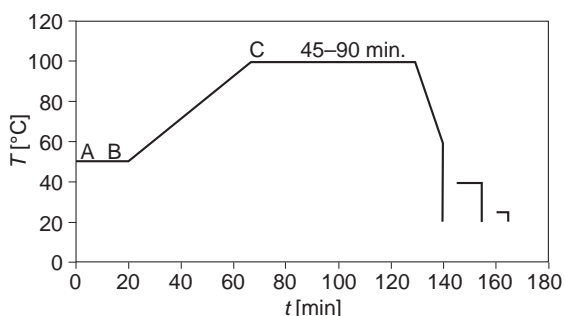
Legend: A – 1 g/l SARABID SBF, 2g/l Na₂CO₃; B – 2% TUBANTIN Blue GLL 300% or 2% TUBANTIN Bordeaux 2 BL conc. or 2% TUBANTIN Yellow 4 GL conc.; C – 20 g/l Na₂SO₄; D – 0.3% CH₃COOH, 3.0% REWIN MRT



Slika 2: Diagram barvanja bombažne tkanine z reaktivnimi barvili. S črkami od A do F so označeni dodatki v barvalno kopel.

Figure 2: Dyeing diagram of cotton fabric with reactive dyes. Letters A to F denote additives in dyeing bath.

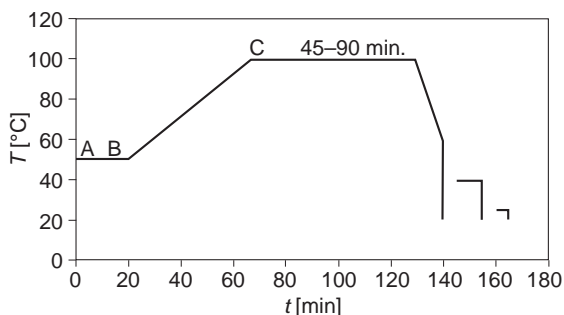
Legend: A – 2 g/l MEROPAN NX, 0.3 g/l BIAVIN 109, 80.0 g/l Na₂SO₄; B – 4% BEZAKTIV Blue S-2R or 4% BEZAKTIV Red S-B or 4% BEZAKTIV Yellow S-8G; C – 5g/l Na₂CO₃; D – 3.0 ml/l NaOH; E – 1.0 ml/l CH₃COOH; F – 0.5 g/l COTOBLANC NSR



Slika 3: Diagram barvanja svilene tkanine z kovinsko kompleksnimi barvili. S črkami od A do C so označeni dodatki v barvalno kopel.

Figure 3: Dyeing diagram of silk fabric with metal complex dyes. Letters A to C denote additives in dyeing bath.

Legend: A – 1.5% KERIOLAN A2N, 1% KOLLASOL LOK, 2% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 1 ml/l CH_3COOH (pH = 6.5–5.5); B – 1.1% BEMAPLEX Marineblau C-RD ali 0.80% BEMAPLEX Bordeaux C-GT or 0.65% BEMAPLEX Gelb C-BR; C – 3 ml/l CH_3COOH



Slika 4: Diagram barvanja volnene tkanine s kislini barvili (postopek I). S črkami od A do C so označeni dodatki v barvalno kopel.

Figure 4: Dyeing diagram of woollen fabric with acid dyes (procedure I). Letters A to C denote additives in dyeing bath.

Legend: A – 1% KERIOLAN A2N, 2% CH_3COOH 80%; B – 2% BEMACID Blau GW or 2% BEMACID Rot GW or 0.75% BEMACID Gelb 2R conc.; C – 2% CH_3COOH 80% (pH od 4.0–4.5)

2.3 Nanos protimikrobnega sredstva

Na pobarvane vzorce tkanin CO, SE in WO smo nanegli sredstvo Si-QAC, in sicer po izčrpalnem postopku, ki je najprimernejši za postopke konserviranja-restavriranja tekstilij. Uporabili smo dve koncentraciji Si-QAC : 0,5 % o.w.f. Si-QAC, ki jo priporoča izdelovalec sredstva [32] in 1,5 % Si-QAC

za vzorce tkanine CO in 5 % Si-QAC za vzorce tkanin SE in WO. Slednji sta pomenili koncentraciji, pri katerih je bila dosežena učinkovita protimikrobna aktivnost sredstva Si-QAC [8]. Impregnirno kopel smo pripravili v deionizirani vodi v kopelnem razmerju 20:1 pri pH 5 (uravnavanje s CH_3COOH) ter v njej ob stalnem mešanju obdelovali vzorce tkanin 30 minut pri temperaturi 40 °C. Po impregniranju smo vzorce položili na ravno podlago in jih najprej posušili pri sobni temperaturi, nato pa pri temperaturi 80 °C. V preglednici 1 so predstavljene oznake vzorcev v povezavi s surovinsko sestavo tkanine, barvilom in koncentracijo Si-QAC .

2.4 Umetno osvetljevanje

Barvane neapretirane in apretirane vzorce tkanin CO, SE in WO smo umetno osvetljevali v aparatu Xenotest (Alpha, ZDA). Primerjalno smo osvetljevali tudi neapretirane barvane vzorce. Svetlobni vir je bila zračno hlajena ksenonska žarnica z močjo sevanja 0,8–2,5 kVA in območjem sevanja od 300 do 400 nm. Vzorce, velike 4,5 cm x 13 cm, smo vstavili v komoro in v njej vzpostavili stalno temperaturo 25 °C in 50-% relativno zračno vlažnost. Jakost sevanja žarnice je bila 42 W/m², temperatura črnega standarda pa 40 °C. Čas osvetljevanja je bil 70, 140, 210, 280 in 350 ur.

2.5 Pranje

Barvane neapretirane in apretirane vzorce tkanin CO, SE in WO smo oprali v Launder-Ometru. Za pranje smo uporabili neionsko pralno sredstvo ECE Phosphate reference – SDC reference detergent type 3 v koncentraciji 5 g/l. Prali smo 30 minut pri KR = 1:50 pri temperaturi 40 °C. Vzorce smo prali enkrat, dvakrat in trikrat ter jih nato pri sobni temperaturi posušili na zraku. Barvane vzorce tkanin smo prali tako, da smo nanje prišli spremljevalne nebarvane tkanine. Na barvane vzorce tkanin CO in WO smo prišli spremljevalni tkanini CO in WO, na barvane vzorce tkanine SE pa spremljevalni tkanini CO in SE.

2.6 Barvna metrika

Pri določitvi barvne razlike med dvema vzorcema smo uporabili sistem CIELAB [33]. Celotno barvno razliko, ΔE^* , smo izračunali iz razlik koordinat v vseh treh smereh barvnega prostora s pomočjo naslednje enačbe:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

kjer je ΔL^* razlika svetlosti ($\Delta L^* = L^*$ vzorca - L^* standarda), Δa^* razlika na osi rdeče/zeleno ($\Delta a^* = a^*$ vzorca - a^* standarda) in Δb^* razlika na osi rumeno/modro ($\Delta b^* = b^*$ vzorca - b^* standarda). Če je vrednost $\Delta E^* > 1$, človeško oko zazna razliko v barvi.

Preglednica 1: Oznaka vzorca v povezavi s surovinsko sestavo tkanine, barvilom in koncentracijo Si-QAC, c_{Si-QAC}
 Table 1: Sample code in relation to the fabric chemical structure, the dye and the concentration of Si-QAC, c_{Si-QAC}

Fabric	Dye	c_{Si-QAC} (%)	Sample code
CO	TUBANTIN Blau GLL 300 %	0	D-mo-N
		0.5	D-mo-A1
		1.5	D-mo-A2
	TUBANTIN Bordeaux 2 BL conc.	0	D-rd-N
		0.5	D-rd-A1
		1.5	D-rd-A2
	TUBANTIN Gelb 4 GL conc.	0	D-ru-N
		0.5	D-ru-A1
		1.5	D-ru-A2
	BEZAKTIV Blau S-2R	0	R-mo-N
		0.5	R-mo-A1
		1.5	R-mo-A2
	BEZAKTIV Rot S-B	0	R-rd-N
		0.5	R-rd-A1
		1.5	R-rd-A2
	BEZAKTIV Gelb S-8G	0	R-ru-N
		0.5	R-ru-A1
		1.5	R-ru-A2
Indigo AXX Gran	0	I-mo-N	
	0.5	I-mo-A1	
	1.5	I-mo-A2	
SE	BEMAPLEX Marineblau C-RD	0	KK-mo-N
		0.5	KK-mo-A1
		5.0	KK-mo-A3
	BEMAPLEX Bordeaux C-GT	0	KK-rd-N
		0.5	KK-rd-A1
		5.0	KK-rd-A3
	BEMAPLEX Gelb C-BR	0	KK-ru-N
		0.5	KK-ru-A1
		5.0	KK-ru-A3
WO	BEMACID Blau GW	0	K-mo-N
		0.5	K-mo-A1
		5.0	K-mo-A3
	BEMACID Rot GW	0	K-rd-N
		0.5	K-rd-A1
		5.0	K-rd-A3
	BEMACID Gelb 2R conc.	0	K-ru-N
		0.5	K-ru-A1
		5.0	K-ru-A3

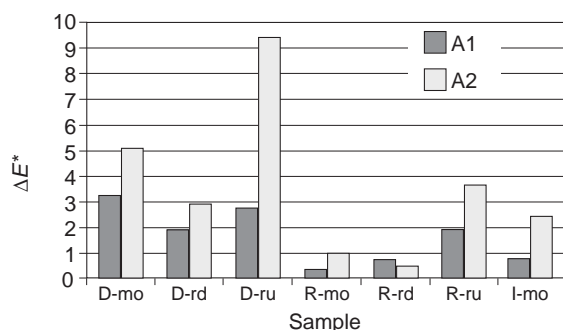
Barvne razlike smo določili med osvetljevanimi in neosvetljevanimi pobarvanimi tkaninami. Kot standard smo vzeli neosvetljevano tkanino, kot vzorec pa tkanino, osvetljevano 70, 140, 210, 280 in 350 ur. Barvne razlike smo določili med pranimi in neopranimi pobarvanimi tkaninami. Kot standard smo vzeli pobarvano tkanino, kot vzorec pa pobarvano in enkrat, dvakrat ali trikrat oprano tkanino. Barvne razlike smo določali tudi na spremljevalnih tkaninah po prvem, drugem in tretjem pranju. Kot standard smo vzeli neoprano nebarvano tkanino, kot vzorec pa oprano spremljevalno tkanino.

Rezultate barvnometričnih meritev smo statistično obdelali z multifaktorsko (večsmerno) analizo variance ANOVA. Pri tem smo uporabili različne faktorske načrte.

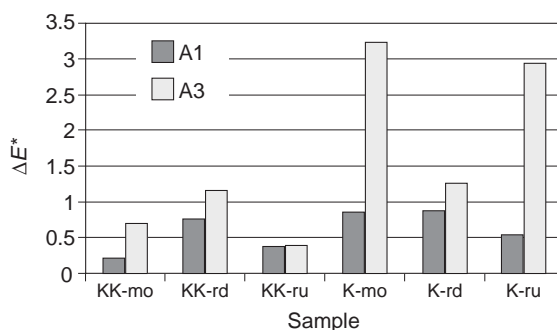
3 Rezultati z razpravo

3.1 Vpliv apreture na barvo obarvanj

Na slikah 5 in 6 so predstavljeni rezultati meritev barvnih razlik med neapretiranimi in apretiranimi pobarvanimi vzorci tkanin CO, SE in WO. Iz rezultatov meritev vidimo, da prisotnost apreture vpliva na spremembo barve vseh obarvanih vzorcev, pri čemer je barvna razlika večja pri višji koncentraciji Si-QAC kot pri nižji koncentraciji sredstva. Pri nanosu 0,5 % Si-QAC so bile najvišje vrednosti ΔE^* dobljene pri bombažni tkanini, pobarvani z direktnimi barvili ter rumenim reaktivnim barvilom. Te vrednosti so močno presegle vrednost 1. V nasprotju s temi rezultati so bile pri reaktivnem rdečem in modrem barvilu, indigo ter vseh kovinsko kompleksnih in kislih barvilih barvne razlike zaradi prisotnosti sredstva Si-QAC veliko manjše. Vrednosti ΔE^* niso presegle vrednosti 1, pri kateri naj bi bila razlika v barvi že jasno vidna s prostim očesom. Iz rezultatov lahko povzamemo, da je sprememba barve apretiranih vzorcev neposredno odvisna od strukture barvila. Med proučevanimi barvili so na spremembo barve najmanj občutljiva kovinsko kompleksna barvila, najbolj pa direktna barvila. Medtem ko pri vseh kovinsko kompleksnih barvilih tudi v prisotnosti Si-QAC višje koncentracije A3 ($c = 5\%$) vrednost ΔE^* ne spremeni za več kot 1,16, pa pri rumenem direktnem barvilu prisotnost 1,5 % Si-QAC povzroči veliko spremembo barve z ΔE^* , večjo od 9. Čeprav smo predvidevali, da bo nanos apreture vplival na spremembo barve obarvanj, pa tako velikega vpliva strukture barvila na spremembo barve nismo pričakovali.



Slika 5: Barvne razlike, ΔE^* , med pobarvanimi vzorci bombažne tkanine pred apretiranjem s sredstvom Si-QAC različnih koncentracij, $c_{\text{Si-QAC}}$, in po njem. Barvilo: direktno (D), reaktivno (R), indigo (I); barva: mo – modra, rd – rdeča, ru – rumena; $c_{\text{Si-QAC}}$: A1 – 0,5 %, A2 – 1,5 %. Standard je neapretiran pobarvan vzorec. Figure 5: Colour differences, ΔE^* , between dyed cotton samples before and after finishing with Si-QAC of different concentrations, $c_{\text{Si-QAC}}$. Dye: direct (D), reactive (R), indigo (I); colour: mo – blue, rd – red, ru – yellow; $c_{\text{Si-QAC}}$: A1 – 0.5%, A2 – 1.5%. Standard is unfinished dyed sample.

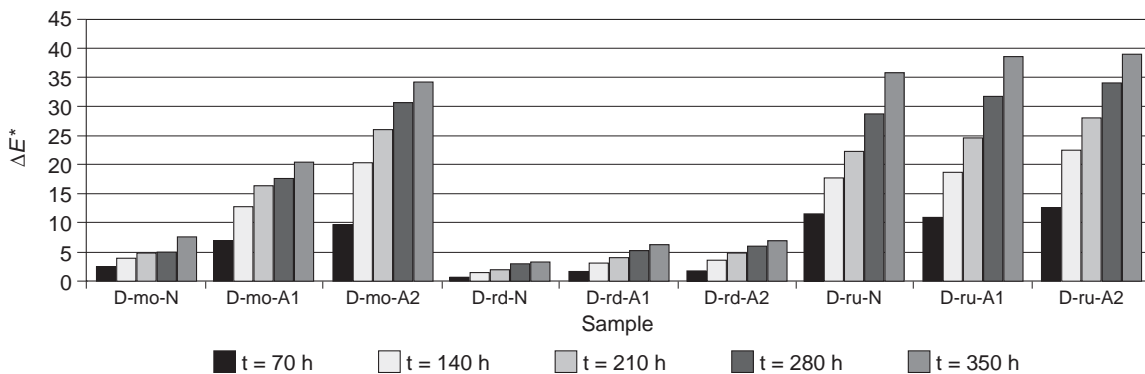


Slika 6: Barvne razlike, ΔE^* , med vzorci svilene tkanine pobarvanimi s kovinsko kompleksnimi (KK) ali vzorci volnene tkanine, pobarvanimi s kislimi (K) barvili pred apretiranjem s sredstvom Si-QAC različnih koncentracij, $c_{\text{Si-QAC}}$, in po njem. Barva: mo – modra, rd – rdeča, ru – rumena; $c_{\text{Si-QAC}}$: A1 – 0.5%, A3 – 5%. Standard je neapretiran pobarvan vzorec. Figure 6: Colour differences, ΔE^* , between silk samples dyed with metal complex (KK) dyes or woollen samples dyed with acid (K) dyes before and after finishing with Si-QAC of different concentrations, $c_{\text{Si-QAC}}$. Colour: mo – blue, rd – red, ru – yellow; $c_{\text{Si-QAC}}$: A1 – 0.5%, A3 – 5%. Standard is unfinished dyed sample.

3.2 Vpliv apreture na svetlobno obstojnost obarvanj

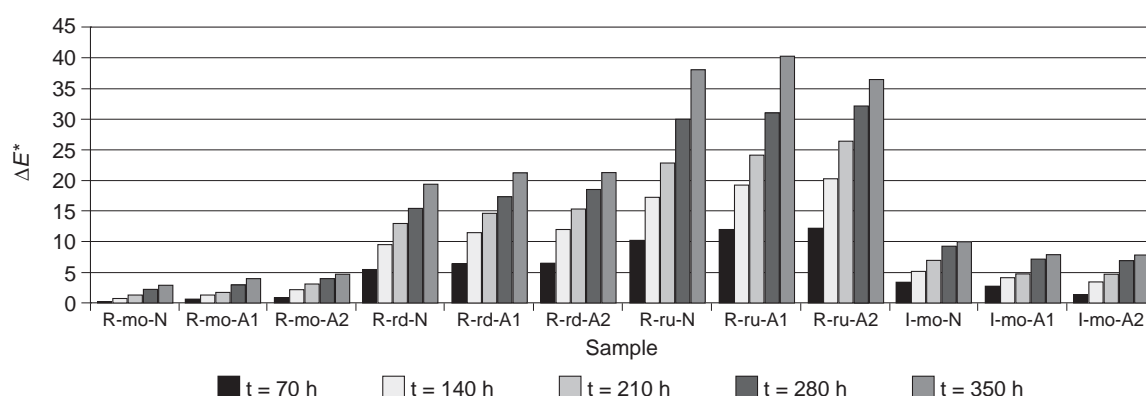
Na slikah od 7 do 10 so prikazani rezultati meritev ΔE^* , določeni med neosvetljevanimi in osvetljevanimi pobarvanimi ter med neosvetljevanimi in osvetljevanimi pobarvanimi in apretiranimi vzorci.

Da bi ugotovili, ali prisotnost apreture statistično značilno vpliva na svetlobne obstojnosti obarvanj, smo rezultate meritev statistično obdelali in rezultate analize variance vrednosti ΔE^* predstavili v preglednici 2. Iz nje je razvidno, da vsi štirje glavni dejavniki, in sicer tkanina-barvilo, barva, apretura in



Slika 7: Barvne razlike, ΔE^* , med osvetljevanimi in neosvetljevanimi vzorci neapretirane (N) bombažne tkanine, pobarvane z direktnim (D) modrim (mo), rdečim (rd) in rumenim (ru) barvilom, ali med osvetljevanimi in neosvetljevanimi pobarvanimi vzorci in pozneje apretiranimi z 0,5 % (A1) in 1,5 % (A2) sredstvom Si-QAC. Standard je neosvetljevan vzorec, t je čas osvetljevanja.

Figure 7: Colour differences, ΔE^* , between illuminated and non-illuminated unfinished (N) cotton samples dyed with direct (D) blue (mo), red (rd) and yellow (ru) dyes or between illuminated and non-illuminated dyed samples and finished with 0.5% (A1) and 1.5% (A2) of Si-QAC. Standard is non-illuminated dyed unlighted sample, t is time of illumination.



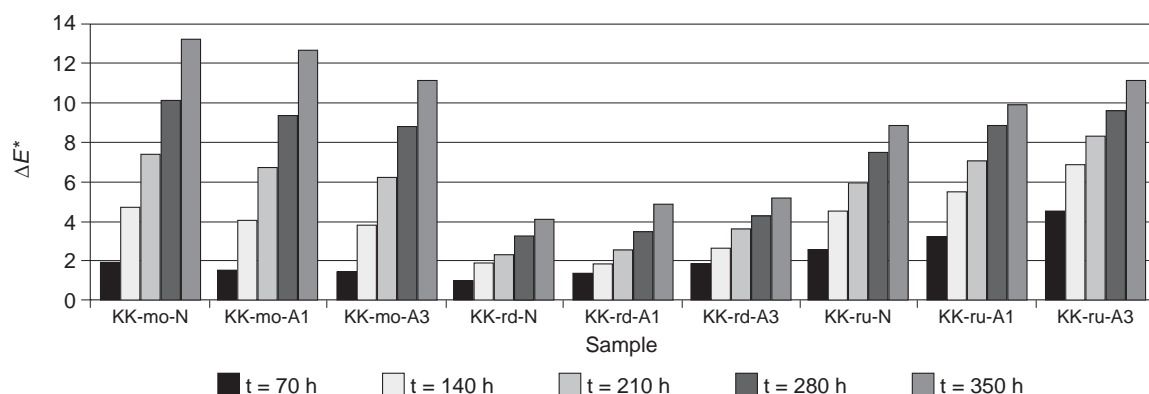
Slika 8: Barvne razlike, ΔE^* , med osvetljevanimi in neosvetljevanimi vzorci neapretirane (N) bombažne tkanine, pobarvane z reaktivnim (R) modrim (mo), rdečim (rd) in rumenim (ru) barvilom in indigom (I), ali med osvetljevanimi in neosvetljevanimi pobarvanimi vzorci in pozneje apretiranimi z 0,5 % (A1) in 1,5 % (A2) sredstvom Si-QAC. Standard je neosvetljevani vzorec, t je čas osvetljevanja.

Figure 8: Colour differences, ΔE^* , between illuminated and non-illuminated unfinished (N) cotton samples dyed with reactive (R) blue (mo), red (rd) and yellow (ru), or between illuminated and non-illuminated dyed samples and finished with 0.5% (A1) and 1.5% (A2) of Si-QAC. Standard is non-illuminated dyed sample, t is time of illumination.

Preglednica 2: Tabela analize variance (ANOVA) za barvne razlike, ΔE^* , določene med neosvetljevanimi in 70, 140, 210, 280 in 350 ur osvetljevanimi vzorci neapretirane in apretirane bombažne tkanine, pobarvane z direktnimi in reaktivnimi barvili, svilene tkanine, pobarvane s kovinsko kompleksnimi barvili, in volnene tkanine, pobarvane s kislimi barvili v rdečem, modrem in rumenem barvnem tonu. Koncentracija sredstva Si-QAC: 0,5 % in 1,5 % za bombažno ter 0,5 % in 5 % za svileno in volneno tkanino. Statistično značilni glavni učinki (dejavniki) in njihove dvofaktorske interakcije so določeni pri 99-% stopnji zaupanja ($P < 0,01$).

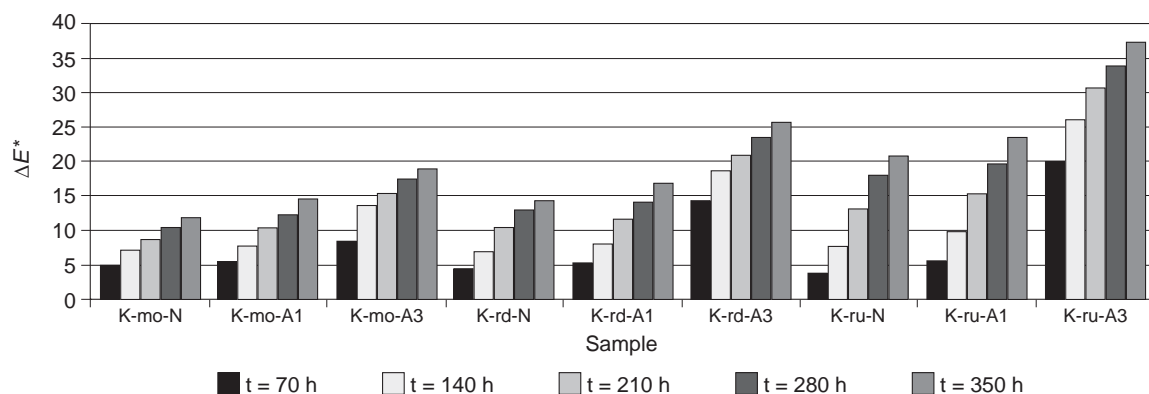
Table 2: Analysis of variance (ANOVA) table for colour differences, ΔE^* , determined between non-illuminated and the 70, 140, 210, 280 and 350 hours illuminated unfinished and finished cotton fabric samples previously dyed with the direct and reactive dyes, silk fabric samples previously dyes with the metal complex dyes, and woollen fabric samples previously dyed with the acid dyes in red, blue and yellow colour. Concentration of Si-QAC: 0.5% and 1.5% for cotton and 0.5% and 5% for silk and woollen fabrics. Statistically significant main effects and their two-way interactions are determined at 99% confidence level ($P < 0.01$).

Main effects and two-way interactions	Sum of squares	Df	Mean squares	F-ratio	P-value
A: Fabric – dye	2593.22	3	864.408	88.17	0.0000
B: Colour	4220.42	2	2110.21	215.24	0.0000
C: Coating	927.205	2	463.603	47.29	0.0000
D: Time of illumination	3246.81	4	811.703	82.79	0.0000
Interaction AB	3678.95	6	613.158	62.54	0.0000
Interaction AC	714.408	6	119.068	12.14	0.0000
Interaction AD	241.549	12	20.1291	2.05	0.0248
Interaction BC	45.3645	4	11.3411	1.16	0.3333
Interaction BD	547.042	8	68.3802	6.97	0.0000
Interaction CD	31.1703	8	3.89628	0.40	0.9202
Error	1215.72	124	9.80417		
Total (corrected)	17461.9	179			



Slika 9: Barvne razlike, ΔE^* , med osvetljevanimi in neosvetljevanimi vzorci neapretirane (N) svilene tkanine, pobarvane s kovinsko kompleksnim (KK) modrim (mo), rdečim (rd) in rumenim (ru) barvilom ali med osvetljevanimi in neosvetljevanimi pobarvanimi vzorci in naknadno apretiranimi z 0,5 % (A1) in 5 % (A3) sredstvom Si-QAC. Standard je neosvetljevani vzorec, t je čas osvetljevanja.

Figure 9: Colour differences, ΔE^* , between illuminated and non-illuminated unfinished (N) silk samples dyed with acid (KK) blue (mo), red (rd) and yellow (ru) dyes or between illuminated and non-illuminated dyed samples and finished with 0.5% (A1) and 5% (A3) of Si-QAC. Standard is non-illuminated sample, t is time of illumination.



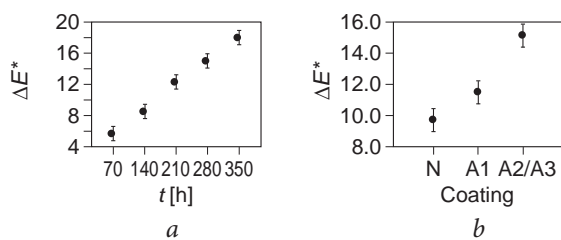
Slika 10: Barvne razlike, ΔE^* , med osvetljevanimi in neosvetljevanimi vzorci neapretirane (N) volnene tkanine, pobarvane s kislim (K) modrim (mo), rdečim (rd) in rumenim (ru) barvilom, ali med osvetljevanimi in neosvetljevanimi pobarvanimi vzorci in pozneje apretiranimi z 0,5 % (A1) in 5 % (A3) sredstvom Si-QAC. Standard je neosvetljevani vzorec, t je čas osvetljevanja.

Figure 10: Colour differences, ΔE^* , between illuminated and non-illuminated unfinished (N) woollen samples dyed with acid (K) blue (mo), red (rd) and yellow (ru) dyes or between illuminated and non-illuminated dyed samples and finished with 0.5% (A1) and 5% (A3) of Si-QAC. Standard is non-illuminated sample, t is time of illumination.

čas osvetljevanja, statistično značilno vplivajo na barvne razlike. To dokazuje P-vrednost, ki je pri 99-% stopnji zaupanja manjša od 0,01.

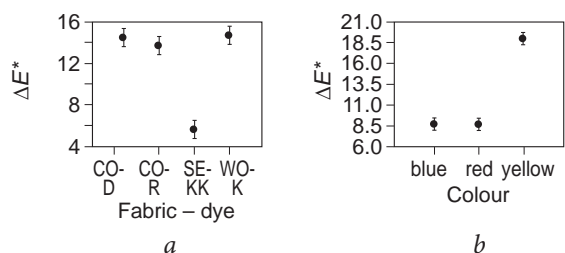
Iz slike 11a je razvidno, da se po pričakovanju vrednost ΔE^* zvišuje z naraščajočim časom osvetljevanja ne glede na surovinsko sestavo tkanine, barvilo, barvo in prisotnost apreture. To pomeni, da obarvani vzorci med osvetljevanjem bledijo.

Prisotnost apreture na splošno poslabša svetlobne obstojnosti obarvanj, in sicer višja koncentracija sredstva Si-QAC v večji meri kot nižja (slika 11b). Izjema sta le indigo in kovinsko kompleksno modro barvilo, pri katerih je sredstvo Si-QAC pri obeh proučevanih koncentracijah delovalo zaščitno. Ti rezultati dokazujejo, da je pri uporabi sredstva Si-QAC za plemenitenje obarvanih tkanin, ki



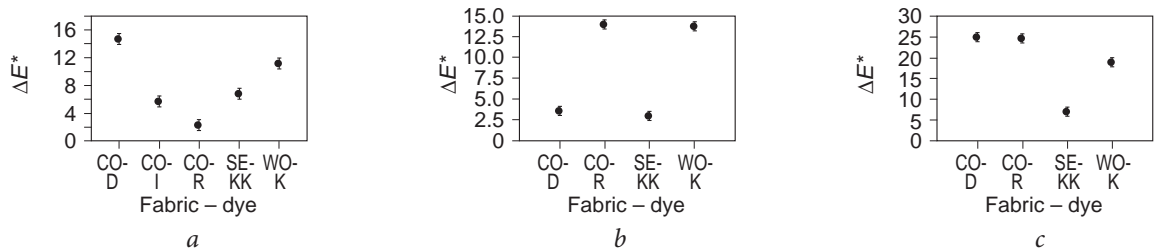
Slika 11: Barvne razlike, ΔE^* , obarvanj v odvisnosti od časa, t , osvetljevanja ne glede na skupino barvila, barvo in koncentracijo sredstva Si-QAC (a) ter v odvisnosti od apreture ne glede na surovinsko sestavo tkanine, skupino barvila, barvo in čas osvetljevanja (b).

Figure 11: Colour differences, ΔE^* , of dyeings versus time, t , of illumination irrespective of dye group, colour and concentration of Si-QAC (a), and versus coating irrespective of dye group, colour and time of illumination.



Slika 12: Barvne razlike, ΔE^* , obarvanj v odvisnosti od skupine barvila ne glede na barvo, koncentracijo sredstva Si-QAC in čas osvetljevanja (a) ter v odvisnosti od barve ne glede na skupino barvila, koncentracijo sredstva Si-QAC in čas osvetljevanja (b).

Figure 12: Colour differences, ΔE^* , of dyeings versus dye group irrespective of colour, concentration of Si-QAC and time of illumination (a), and versus colour irrespective of dye group, concentration of Si-QAC and time of illumination (b).



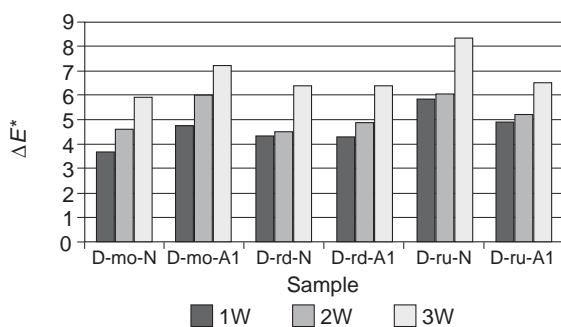
Slika 13: Barvne razlike, ΔE^* , obarvanj v odvisnosti od skupine barvila ne glede na koncentracijo sredstva Si-QAC in čas osvetljevanja. Barva: modra (a), rdeča (b), rumena (c).

Figure 13: Colour differences, ΔE^* , of dyeings versus dye group irrespective of concentration of Si-QAC and time of illumination. Colour: blue (a), red (b), yellow (c).

so dlje časa izpostavljene svetlobi, nujno prej preveriti, kako bo njegova prisotnost vplivala na obstojnost barve. Vpliv strukture barvila pomembno vpliva na svetlobno obstojnost obarvanj (slika 12a). Med proučevanimi barvili izstopajo kovinsko kompleksna, za katera je bila določena veliko nižja vrednost ΔE^* kot za direktna, reaktivna in kislila barvila, katerih vrednosti se med seboj bistveno ne razlikujejo. Največji vpliv v spremembi barve opazimo pri rumeni barvi ne glede na strukturo barvila, surovinsko sestavo tkanine, koncentracijo sredstva Si-QAC in čas osvetljevanja (slika 12b). Vrednosti ΔE^* modre in rdeče barve so zelo podobne. Rezultati, prikazani na sliki 13, potrjujejo našo predhodno ugotovitev, da na hitrost bledenja obarvanih vzorcev poleg apreture pomembno vpliva tudi struktura barvila.

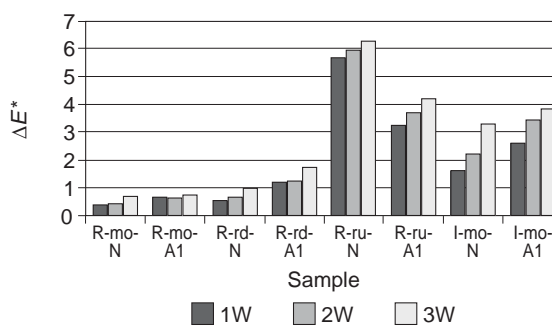
3.3 Vpliv apreture na pralno obstojnost obarvanj

Na slikah od 14 do 17 so prikazani rezultati meritev ΔE^* , določeni med nepranimi in večkrat pranimi pobarvanimi vzorci ter med nepranimi in večkrat pranimi pobarvanimi in apretiranimi vzorci, v preglednici 3 pa rezultati analize variance vrednosti ΔE^* . Iz rezultatov je razvidno, da prisotnost apreture statistično značilno ne vpliva na pralne obstojnosti obarvanj. To dokazuje P-vrednost, ki je večja od 0,01. Preostali glavni dejavniki, tkanina-barvilo, barva in število pranj, imajo P-vrednost nižjo od 0,01, kar potrjuje njihov statistično značilni vpliv pri 99-% stopnji zaupanja. Tudi interakcije med dejavniki tedaj, ko je med njimi prisotna apretura, na vrednost ΔE^* statistično značilno ne vplivajo.



Slika 14: Barvne razlike, ΔE^* med pranimi in nepranimi vzorci neapretirane (N) bombažne tkanine, pobarvane z direktnim (D) modrim (mo), rdečim (rd) in rumenim (ru) barvilom, ali med pranimi in nepranimi pobarvanimi vzorci in pozneje apretiranimi z 0,5-% sredstvom Si-QAC (A1). Standard je neopran vzorec, številka pred W je število pranj.

Figure 14: Colour differences, ΔE^* , between washed and non-washed unfinished (N) cotton samples dyed with direct (R) blue (mo), red (rd) and yellow (ru) dyes or between washed and non-washed dyed samples and consequently finished with 0.5% (A1) of Si-QAC. Standard is non-washed sample, number before W indicates number of washings.



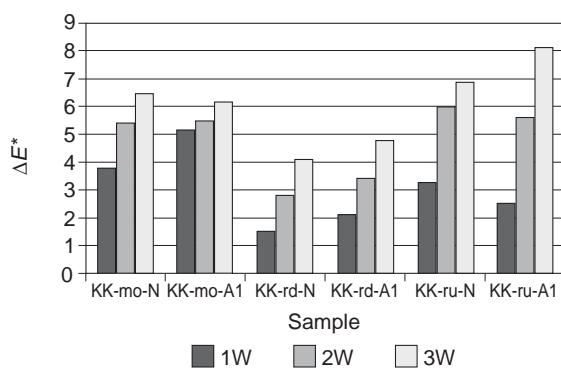
Slika 15: Barvne razlike, ΔE^* , med pranimi in nepranimi vzorci neapretirane (N) bombažne tkanine, pobarvane z reaktivnim (R) modrim (mo), rdečim (rd) in rumenim (ru) barvilom ter indigom (I), ter med pranimi in nepranimi pobarvanimi vzorci in pozneje apretiranimi z 0,5-% sredstvom Si-QAC (A1). Standard je neopran vzorec, številka pred W je število pranj.

Figure 15: Colour differences, ΔE^* , between washed and non-washed unfinished (N) cotton samples dyed with reactive (R) blue (mo), red (rd) and yellow (ru) dyes or between washed and non-washed dyed samples and finished with 0.5% (A1) of Si-QAC. Standard is non-washed sample, number before W indicates number of washings.

Preglednica 3: Tabela analize variance (ANOVA) za barvne razlike, ΔE^* , določene med neopranimi in enkrat, dvakrat in trikrat opranimi vzorci neapretirane in apretirane bombažne tkanine, pobarvane z direktnimi in reaktivnimi barvili, svilene tkanine, pobarvane s kovinsko kompleksnimi barvili, in volnene tkanine, pobarvane s kislimi barvili. Koncentracija sredstva Si-QAC je 0,5 %. Statistično značilni glavni učinki (dejavniki) in njihove dvofaktorske interakcije so določeni pri 99-% stopnji zaupanja ($P < 0,01$).

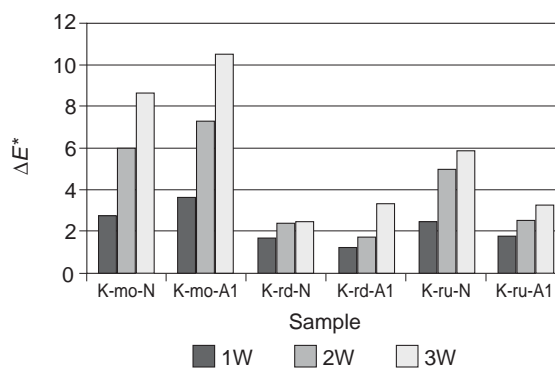
Table 3: Analysis of variance (ANOVA) table for colour differences, ΔE^* , determined between un-washed and once, twice and three times washed unfinished and finished cotton fabric samples previously dyed with the direct and reactive dyes, silk fabric samples previously dyes with the metal complex dyes, and woollen fabric sample previously dyed with the acid dyes in red, blue and yellow colour. Concentration of Si-QAC is 0.5%. Statistically significant main effects and their two-way interactions are determined at 99% confidence level ($P < 0.01$).

Main effects and two-way interactions	Sum of squares	Df	Mean squares	F-ratio	P-value
A: Fabric – dye	69.1693	3	23.0564	29.36	0.0000
B: Colour	61.767	2	30.8835	39.33	0.0000
C: Coating	0.0806681	1	0.0806681	0.10	0.7502
D: Time of illumination	52.4528	2	26.2264	33.40	0.0000
Interaction AB	112.295	6	18.7159	23.84	0.0000
Interaction AC	1.65732	3	0.552438	0.70	0.5555
Interaction AD	21.733	6	3.62217	4.61	0.0012
Interaction BC	7.49692	2	3.74846	4.77	0.0138
Interaction BD	4.20841	4	1.0521	1.34	0.2720
Interaction CD	0.0196861	2	0.00984306	0.01	0.9875
Error	31.408	40	0.7852		
Total (corrected)	362.288	71			



Slika 16: Barvne razlike, ΔE^* , med pranimi in nepranimi vzorci neapretirane (N) svilene tkanine, pobarvane s kovinsko kompleksnim (KK) modrim (mo), rdečim (rd) in rumenim (ru) barvilom, ter med pranimi in nepranimi pobarvanimi vzorci, pozneje apretiranimi z 0,5-% sredstvom Si-QAC (A1). Standard je neopran vzorec, številka pred W je število pranj.

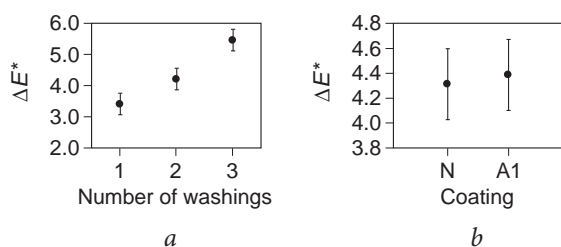
Figure 16: Colour differences, ΔE^* , between washed and non-washed unfinished (N) silk samples dyed with metal complex (KK) blue (mo), red (rd) and yellow (ru) dyes or between washed and non-washed dyed samples and finished with 0.5% (A1) of Si-QAC. Standard is non-washed sample, number before W indicates number of washings.



Slika 17: Barvne razlike, ΔE^* , med pranimi in nepranimi vzorci neapretirane (N) volnene tkanine, pobarvane s kislim (K) modrim (mo), rdečim (rd) in rumenim (ru) barvilom, ter med pranimi in nepranimi pobarvanimi vzorci, pozneje apretiranimi z 0,5-% sredstvom Si-QAC (A1). Standard je neopran vzorec, številka pred W je število pranj.

Figure 17: Colour differences, ΔE^* , between washed and non-washed unfinished (N) woolen samples dyed with acid (K) blue (mo), red (rd) and yellow (ru) dyes or between washed and non-washed dyed samples and finished with 0.5% (A1) of Si-QAC. Standard is non-washed sample, number before W indicates number of washings.

Iz slike 18a je razvidno, da vrednost ΔE^* narašča z naraščajočim številom pranj ne glede na uporabljeno tkanino, barvilo, barvo in prisotnost apreture. Večja vrednost ΔE^* je posledica večje posvetlitve barvnega tona obarvanja pri pranju. To potrjuje, da

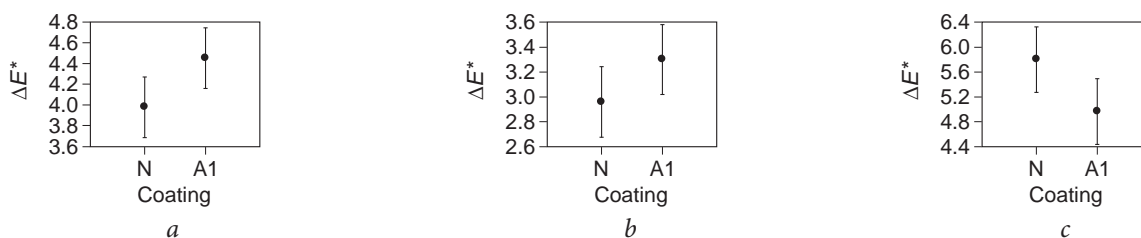


Slika 18: Barvne razlike, ΔE^* , obarvanj v odvisnosti od števila pranj ne glede na vrsto barvila, barvo in prisotnost apreture A1 (a) ter v odvisnosti od apreture ne glede na vrsto barvila, barvo in število pranj (b).

Figure 18: Colour differences, ΔE^* , of dyeings versus number of washings irrespective of fabric, dye group, colour and presence of coating A1 (a), and versus coating irrespective of dye group, colour and number of washings (b).

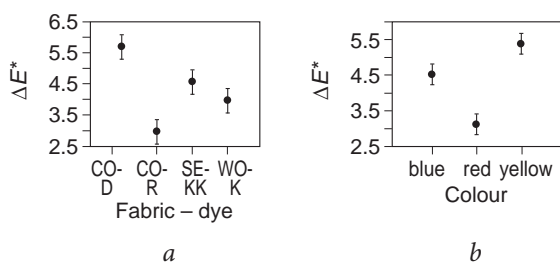
se je barvilo med pranjem postopoma odstranjevalo s tkanine. Čeprav apretura statistično značilno ni vplivala na barvne razlike, pa rezultati na sliki 18b nakazujejo, da se je ΔE^* apretiranih vzorcev po pranju rahlo povečala v primerjavi z neapretiranimi vzorci, kar bi pomenilo, da je prisotnost apreture na splošno nekoliko poslabšala pralno obstojnost obarvanj. Podrobnejša statistična analiza je razkrila, da to velja za modra in rdeča obarvanja (sliki 19a in 19b) ne glede na strukturo barvila in tkanino, pri rumenih obarvanjih pa je prisotnost apreture celo zaščitila krvavenje barvila (slika 19c). To je tudi vidno na slikah 14 (vzorci D-ru), 15 (vzorci R-ru), 16 (vzorci KK-ru) in 17 (vzorci K-ru).

Ne glede na barvo, prisotnost apreture in število pranj so imela najslabšo barvno obstojnost pri pranju direktna barvila, sledila so kovinsko kompleksna in kislina barvila, najboljšo barvno obstojnost pa so imela reaktivna barvila (slika 20a). Zadnja so namreč edina izmed proučevanih barvil, ki se na bombažno tkanino vežejo s kemijskimi kovalentnimi vezmi. Iz slike 20b je tudi razvidno, da imajo na splošno barvila z rumenim barvnim tonom najslabšo barvno obstojnost, najboljšo pa barvila z rdečim



Slika 19: Barvne razlike, ΔE^* obarvanj v odvisnosti od apreture ne glede na vrsto barvila, in število pranj. Barva: a) modra, b) rdeča, c) rumena.

Figure 19: Colour differences, ΔE^* , of dyeings versus coating irrespective of dye group and number of washings. Colour: blue (a), red (b), yellow (c).



Slika 20: Barvne razlike, ΔE^* , obarvanj v odvisnosti od vrste barvila ne glede na barvo, prisotnost apreture in število pranj (a) ter v odvisnosti od barve ne glede na skupino barvila, prisotnost apreture in števila pranj (b).

Figure 20: Colour differences, ΔE^* , of dyeings versus dye group irrespective of colour, presence of coating and number of washings (a), and versus colour irrespective of dye group, presence of coating and number of washings (b).

barvnim tonom. Ker ne poznamo kemijskih struktur proučevanih barvil, vpliv strukture in barve barvila na pralno obstojnost težko razložimo. Na podlagi rezultatov pa ugotovimo, da pri rumenih barvilih, ki imajo najslabšo pralno obstojnost, prisotnost apreture le-to izboljša.

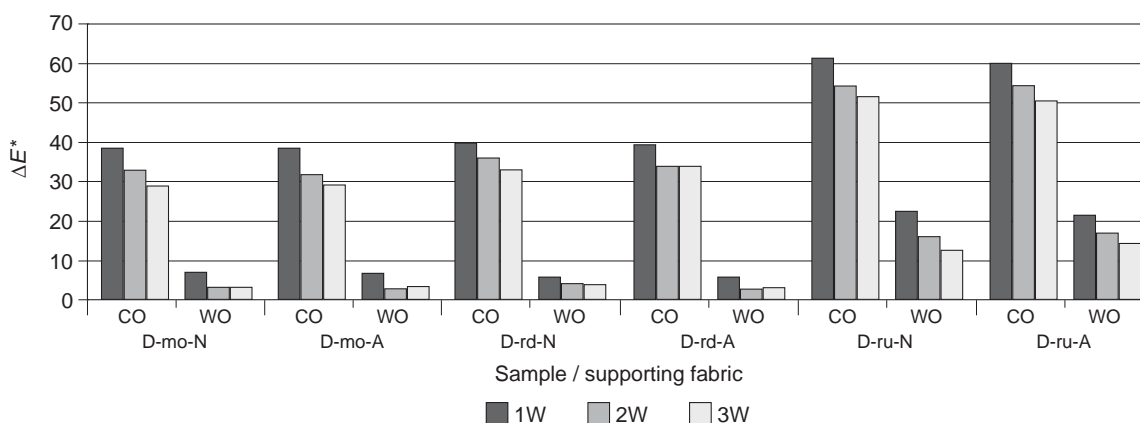
Krvavenje barvila med pranjem je povzročilo obarvanje spremljevalnih tkanin (slike od 21 do 24). Iz preglednice 4 je razvidno, da število pranj statistično značilno vpliva na prehod barvila na

spremljevalne tkanine. Prehod barvila na spremljevalne tkanine je bil največji pri prvem pranju, pri drugem in tretjem pa je veliko manjši (slika 25a). Statistična analiza je tudi potrdila, da apretura ni imela statistično značilnega vpliva na jakost obarvanja spremljevalnih tkanin. To je v skladu s predhodno ugotovitvijo, da prisotnost apreture statistično značilno ne vpliva na krvavenje barvila pri pranju. Iz slike 25b je razvidno, da je prehod barvila na spremljevalno tkanino, ki je imela enako surovinsko sestavo kot obarvana tkanina, večji kot na spremljevalno tkanino druge surovinske sestave. Pri tem so direktna barvila, za katera smo določili najslabšo barvno obstojnost, v največji meri zamazala bombažno spremljevalno tkanino, reaktivna barvila z najboljšo pralno obstojnostjo pa v najmanjši meri. Pri kovinsko kompleksnih barvilih je bil prehod na svileno spremljevalno tkanino manjši kot pri kisljih barvilih na volneno tkanino. Tega nismo pričakovali, saj so kovinsko kompleksna barvila bolj krvavela kot kislja barvila. Na spremljevalne tkanine so v največji meri prehajala modra barvila, manj rdeča in najmanj rumena (slika 25c). Tudi ti rezultati se razlikujejo od rezultatov barvne obstojnosti barvil pri pranju, kjer so bila rumena najmanj obstojna, rdeča pa najbolj (slika 20b). Na podlagi tega lahko rečemo, da barvila s slabo barvno obstojnostjo pri pranju ne bodo nujno povzročila močnega obarvanja spremljevalnih tkanin.

Preglednica 4: Tabela analize variance (ANOVA) za barvne razlike, ΔE^* , določene med nepranimi in pranimi vzorci spremljevalnih bombažnih, svilenih in volnenih tkanin, ki so bili med prvim, drugim in tretjim pranjem v stiku z neapretiranimi in apretiranimi vzorci bombažne tkanine, pobarvane z direktnimi in reaktivnimi barvili, svilene tkanine, pobarvane s kovinsko kompleksnimi barvili, in volnene tkanine, pobarvane s kislimi barvili. Koncentracija sredstva Si-QAC je 0,5 %. Statistično značilni glavni učinki (dejavniki) in njihove dvofaktorske interakcije so določeni pri 99 % stopnji zaupanja ($P < 0,01$).

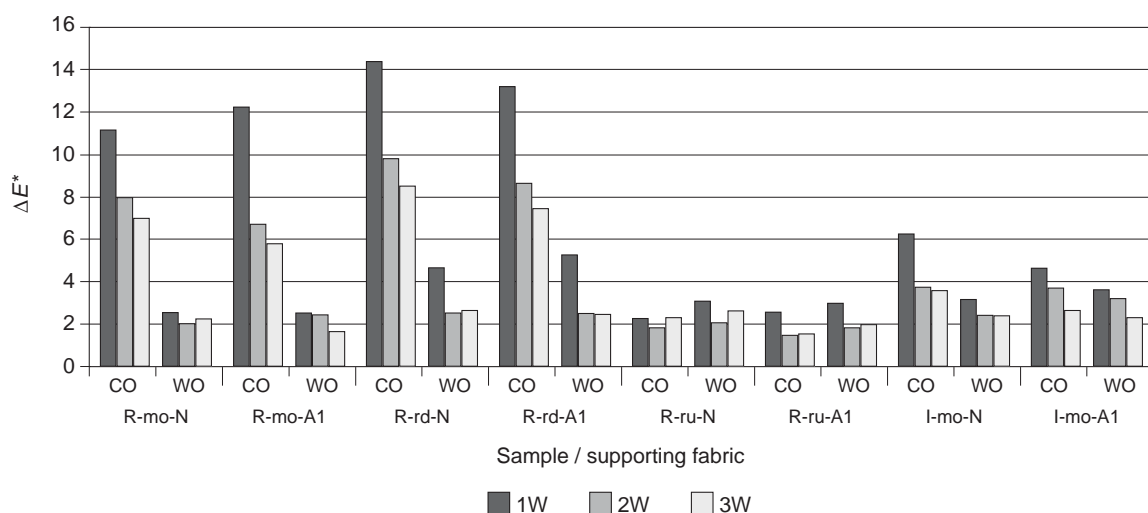
Table 4: Analysis of variance (ANOVA) table for colour differences, ΔE^* , determined between non-washed and washed samples of the supporting woollen (WO) and cotton (CO) fabrics, which were during the first, the second and the third dyeing cycles in contact with the unfinished (N) and finished (A1) samples of silk fabric dyed with the acid (K) blue (mo), red (rd) and yellow (ru) dyes. Concentration of Si-QAC is 0.5%. Statistically significant main effects and their two-way interactions are determined at 99% confidence level ($P < 0.01$).

Main effects and two-way interactions	Sum of squares	Df	Mean squares	F-ratio	P-value
A: Fabric – dye – transition	22228.6	7	3175.51	2093.91	0.0000
B: Colour	143.791	2	71.8956	47.41	0.0000
C: Coating	0.552544	1	0.552544	0.36	0.5477
D: Time of illumination	193.027	2	96.5137	63.64	0.0000
Interaction AB	6755.94	14	482.567	318.20	0.0000
Interaction AC	21.8178	7	3.11683	2.06	0.0569
Interaction AD	207.04	14	14.7886	9.75	0.0000
Interaction BC	1.63755	2	0.818938	0.54	0.5847
Interaction BD	8.77608	4	2.19402	1.45	0.2254
Interaction CD	8.20117	2	4.10058	2.70	0.0725
Error	133.456	88	1.51655		
Total (corrected)	29702.8	143			

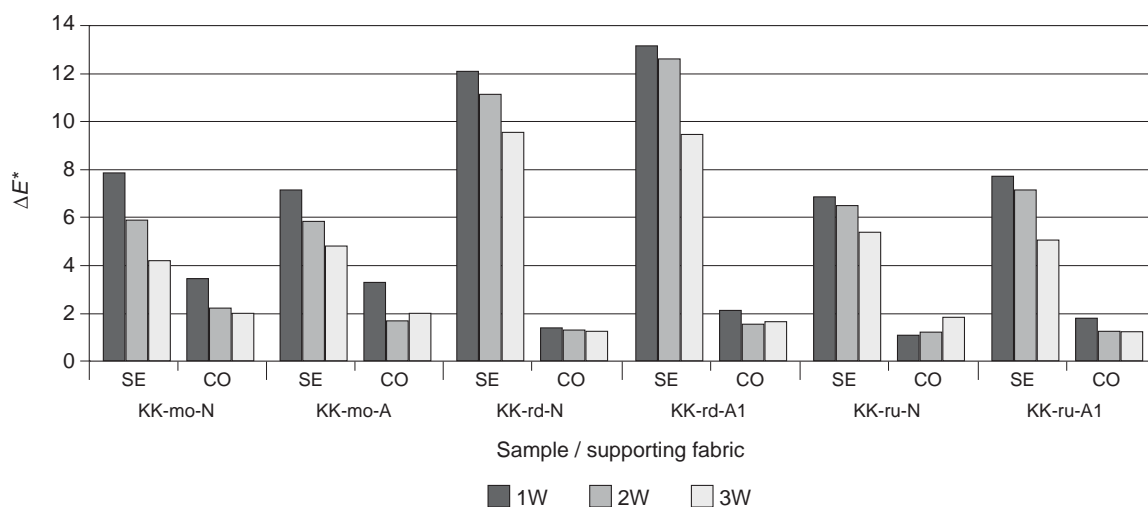


Slika 21: Barvne razlike, ΔE^* , med pranimi in nepranimi vzorci spremljevalnih bombažnih (CO) in volnenih (WO) tkanin, ki so bili med prvim (1W), drugim (2W) in tretjim (3W) pranjem v stiku z neapretiranimi (N) in apretiranimi (A1) vzorci bombažne tkanine, pobarvane z direktnim (D) modrim (mo), rdečim (rd) in rumenim (ru) barvilom. Koncentracija sredstva Si-QAC je 0,5-%. Standard je neopran spremljevalni vzorec.

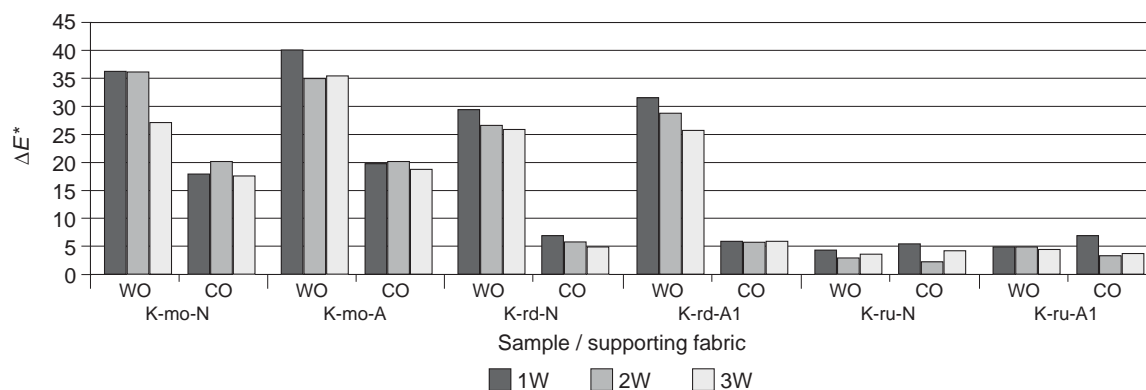
Figure 21: Colour differences, ΔE^* , between washed and unwashed samples of supporting cotton (CO) and woollen (WO) fabrics which were during first (1W), second (2W) and third (3W) dyeing cycles in contact with unfinished (N) and finished (A1) samples of cotton fabric dyed with direct (D) blue (mo), red (rd) and yellow (ru) dyes. Concentration of Si-QAC is 0.5%. Standard is unwashed supporting sample.



Slika 22: Barvne razlike, ΔE^* , med pranimi in neopranimi vzorci spremljevalnih bombažnih (CO) in volnenih (WO) tkanin, ki so bili med prvim (1W), drugim (2W) in tretjim (3W) pranjem v stiku z neapretiranimi (N) in apretiranimi (A1) vzorci bombažne tkanine, pobarvane z reaktivnim (R) modrim (mo), rdečim (rd) in rumenim (ru) barvilom. Koncentracija sredstva Si-QAC je 0,5%. Standard je neoprana spremljevalna tkanina.
Figure 22: Colour differences, ΔE^* , between washed and unwashed samples of supporting cotton (CO) and woollen (WO) fabrics which were during first (1W), second (2W) and third (3W) dyeing cycles in contact with unfinished (N) and finished (A1) samples of cotton fabric dyed with reactive (R) blue (mo), red (rd) and yellow (ru) dyes. Concentration of Si-QAC is 0.5%. Standard is unwashed supporting sample.

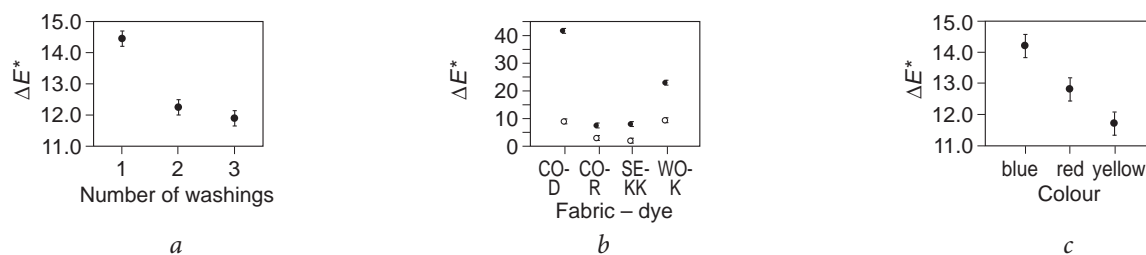


Slika 23: Barvne razlike, ΔE^* , med pranimi in neopranimi vzorci spremljevalnih svilenih (SE) in bombažnih (CO) tkanin, ki so bili med prvim (1W), drugim (2W) in tretjim (3W) pranjem v stiku z neapretiranimi (N) in apretiranimi (A1) vzorci svilene tkanine, pobarvane s kovinsko kompleksnim (KK) modrim (mo), rdečim (rd) in rumenim (ru) barvilom. Koncentracija sredstva Si-QAC je 0,5%. Standard je neoprana spremljevalna tkanina.
Figure 23: Colour differences, ΔE^* , between washed and unwashed samples of supporting silk (SE) and cotton (CO) fabrics which were during first (1W), second (2W) and third (3W) dyeing cycles in contact with unfinished (N) and finished (A1) samples of silk fabric dyed with metal complex (KK) blue (mo), red (rd) and yellow (ru) dyes. Concentration of Si-QAC is 0.5%. Standard is unwashed supporting sample.



Slika 24: Barvne razlike, ΔE^* , med pranimi in neopranimi vzorci spremljevalnih volnenih (WO) in bombažnih (CO) tkanin, ki so bili med prvim (1W), drugim (2W) in tretjim (3W) pranjem v stiku z neapretiranimi (N) in apretiranimi (A1) vzorci volnene tkanine, pobarvane s kislim (K) modrim (mo), rdečim (rd) in rumenim (ru) barvilom. Koncentracija sredstva Si-QAC je 0,5%. Standard je neoprana spremljevalna tkanina.

Figure 24: Colour differences, ΔE^* , between washed and unwashed samples of supporting woollen (WO) and cotton (CO) fabrics which were during first (1W), second (2W) and third (3W) dyeing cycles in contact with unfinished (N) and finished (A1) samples of silk fabric dyed with acid (K) blue (mo), red (rd) and yellow (ru) dyes. Concentration of Si-QAC is 0.5%. Standard is unwashed supporting sample.



Slika 25: Barvne razlike, ΔE^* , spremljevalnih tkanin v odvisnosti od števila pranj ne glede na skupino barvil, njihovo barvo in surovinsko sestavo spremljevalne tkanine (a), v odvisnosti od skupine barvila ne glede na barvo, surovinsko sestavo spremljevalne tkanine in števila pranj (b) ter v odvisnosti od barve ne glede na skupino barvil, surovinsko sestavo spremljevalne tkanine in število pranj (c). Surovinska sestava spremljevalnih tkanin na sliki 25 b: CO (•) in WO (◦) pri CO-D in CO-R; SE (•) in CO (◦) pri SE-KK; WO (•) in CO (◦) pri WO-K.

Figure 25: Colour differences, ΔE^* , of supporting fabric samples versus number of washings irrespective of dye group, colour and chemical structure of fabrics (a), versus dye group irrespective of colour, chemical structure of supporting fabric, number of washings (b) and versus colour irrespective of dye group, chemical structure of supporting fabric and number of washings. Chemical structure of supporting fabrics in Figure 25b: CO (•) and WO (◦) in case of CO-D and CO-R; SE (•) and CO (◦) in case of SE-KK; WO (•) and CO (◦) in case of WO-K.

4 Sklepi

Iz rezultatov raziskave lahko povzamemo, da protimikrobna apretura Si-QAC vpliva na spremembo barve vseh obarvanih vzorcev, pri čemer je z višanjem koncentracije večja tudi sprememba barve. Med izbranimi barvili so na spremembo barve najbolj občutljiva direktna barvila, najmanj pa kovinsko kompleksna, kar dokazuje, da je sprememba barve apretiranih vzorcev neposredno odvisna tudi od strukture barvila.

Iz statistične obdelave izmerjenih vrednosti ΔE^* poobarvanih, apretiranih s protimikrobnim sredstvom in osvetljevanih tkanin lahko sklepamo, da prisotnost apreture na splošno poslabša svetlobne obstojnosti obarvanj, in sicer višja koncentracija v večji meri kot nižja. Medtem ko največji vpliv v spremembi barve opazimo pri rumenem barvilu, je pri indigo in kovinsko kompleksnem modrem barvilu sredstvo Si-QAC delovalo zaščitno, kar potrjuje, da na spremembo svetlobne obstojnosti obarvanj poleg apreture pomembno vpliva tudi struktura barvila.

Na pralno obstojnost obarvanj bolj kot apretura vpliva struktura barvila. Prisotnost apreture nekoliko poslabša pralno obstojnost obarvanj pri modrem in rdečem barvilu, pri rumenem pa apretura lahko deluje celo zaščitno. Najslabšo barvno obstojnost pri pranju imajo direktna barvila, sledijo kovinsko kompleksna in kislila, najboljše barvno obstojnost pa imajo reaktivna barvila. Med vsemi so pralno najmanj obstojna barvila z rumenim barvnim tonom, najboljše pa z rdečim barvnim tonom. Na podlagi rezultatov barvnih obstojnosti tudi ugotovimo, da barvila najmočneje prehajajo na spremljevalne tkanine enake surovinske sestave, kot je obarvana tkanina, in da jakost obarvanja spremljevalnih tkanin ni linearno odvisna od jakosti krvavenja obarvanih tkanin. Ne glede na slabe barvne obstojnosti nekaterih barvil ne dosežemo močnega obarvanja spremljevalnih tkanin. Na podlagi dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da je pri uporabi sredstva Si-QAC za konserviranje in restavriranje tekstilij treba predhodno proučiti tudi vpliv strukture barvila na barvne obstojnosti.

Zahvala

Raziskavo je finančno podprla Agencija za raziskovalno dejavnost RS v okviru programa P2-0213 Tekstilije in ekologija.

Viri

1. TIMAR-BALAZSY, Agnes, EASTOP, Dinah. *Chemical principles of textile conservation (Routledge Series in conservation and museology)*. New York : Routledge, 2011, 443 str.
2. LENNARD, Frances, EWER, Patricia. *Textile conservation : advances in practise*. Glasgow : Elsevier, 2010, 299 str.
3. SIMONČIČ, Barbara, TOMŠIČ, Brigita. Structures of novel antimicrobial agents for textiles: a review. *Textile Research Journal*, 2010, **80**(16), 1721–1737, doi: 10.1177/0040517510363193.
4. SONG, Le, BANEY, Ronald H. Antibacterial evaluation of cotton textile treated by trialkoxysilane compounds with antimicrobial moiety. *Textile Research Journal*, 2011, **81**(5), 504–511, doi: 10.1177/0040517510380776.
5. MAHLTIG, Boris, FIEDLER, Dirk, FISCHER, Anja, SIMON, Paul. Antimicrobial coatings on textiles-modification of sol-gel layers with organic and inorganic biocides. *Journal of sol-gel science and technology*, 2010, **55**(3), 269–277, doi: 10.1007/s10971-010-2245-2.
6. LUNDIN, Jeffrey G., CONESKI, Peter N., FULMER, Preston A., WYNNE, James H. Relationship between surface concentration of amphiphilic quaternary ammonium biocides in electrospun polymer fibers and biocidal activity. *Reactive and functional polymers*, 2014, **77**, 39–46, doi: 10.1016/j.reactfunctpolym.2014.02.004.
7. TOMŠIČ, Brigita, SIMONČIČ, Barbara, OREL, Boris, ŽERJAV, Metka, SCHROERS, Hans, SIMONČIČ, Andrej, SAMARDŽIJA, Zoran. Antimicrobial activity of AgCl embedded in a silica matrix on cotton fabric. *Carbohydrate polymers*, 2009, **75**(4), 618–626, doi: 10.1016/j.carbpol.2008.09.013.
8. TOMŠIČ, Brigita, ILEC, Eva, ŽERJAV, Metka, HLADNIK, Aleš, SIMONČIČ, Andrej, SIMONČIČ, Barbara. Characterisation and functional properties of antimicrobial bio-barriers formed by natural fibres. *Colloids and surfaces. B, Biointerfaces*, 2014, **122**, 72–78, doi: 10.1016/j.colsurfb.2014.06.047.
9. CALDEIRA, Estela, PISKIN, Erhan, GRANADEIRO, Luiza, SILVA, Filomena, GOUVEIA, Isabel C. Biofunctionalization of cellulosic fibres with L-cysteine: Assessment of antibacterial properties and mechanism of action against *Staphylococcus aureus* and *Klebsiella pneumoniae*. *Journal of biotechnology*, 2013, **168**(4), 426–435, doi: 10.1016/j.jbiotec.2013.10.021.
10. LIU, Bo, WANG, Xiaoying, PANG, Chunsheng, LUO, Jiwen, LUO, Yuqiong, SUN, Runcang. Preparation and antimicrobial property of chitosan oligosaccharide derivative/rectorite nanocomposite. *Carbohydrate polymers*, 2013, **92**(2), 1078–1085, doi: 10.1016/j.carbpol.2012.10.060.
11. TOMŠIČ, Brigita, KLEMENČIČ, Danijela, SIMONČIČ, Barbara, OREL, Boris. Influence of antimicrobial finishes on the biodeterioration of cotton and cotton/polyester fabrics: Leaching versus bio-barrier formation. *Polymer degradation and stability*, 2011, **96**(7), 1286–1296, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2011.04.004.
12. GAO, Yuan, CRANSTON, Robin. Recent advances in antimicrobial treatments of textile. *Textile Research Journal*, 2008, vol **78**(1), 60–72, doi: 10.1177/0040517507082332.
13. GANESAN, P., RAMACHANDRAN, T., KARTHIK, T., ANAND, V. S. P., GOWTHAMAN, T. Process optimization of *Aerva lanata* extract treated textile material for microbial resistance in healthcare textiles. *Fibers and polymers*, 2013, **14**(10), 1663–1673, doi: 10.1007/s12221-013-1663-5.
14. SIMONČIČ, Barbara, TOMŠIČ, Brigita, ČERNE, Lidija, OREL, Boris, JERMAN, Ivan, KOVAČ, Janez, ŽERJAV, Metka, SIMONČIČ, Andrej. Multifunctional water and oil repellent and antimicrobial properties of finished cotton:

- influence of sol-gel finishing procedure. *Journal of sol-gel science and technology*, 2012, **61**(2), 340–354, doi: 10.1007/s10971-011-2633-2.
15. EL OLA, Samih Mohamed Abo, KOTEK, Richard, WHITE, W. Curtis, REEVE, John Allan, HAUSER, Peter, KIM, Joon Ho. Unusual polymerization of 3-(trimethoxysilyl)-propyl-dimethyloctadecyl ammonium chloride on PET substrates. *Polymer*, 2004, **45**(10), 3215–3225, doi: 10.1016/j.polymer.2004.02.041.
 16. PERŠIN, Zdenka, MAVER, Uroš, PIVEC, Tanja, MAVER, Tina, VESEL, Alenka, MOZETIČ, Miran, STANA-KLEINSCHEK, Karin. Novel cellulose based materials for safe and efficient wound treatment. *Carbohydrate polymers*, 2014, **100**(Special Issue), 55–64, doi: 10.1016/j.carbpol.2013.03.082.
 17. KLEMENČIČ, Danijela, MUHA, Petra, KLEPACKA, Wioleta, TOMŠIČ, Brigita, DEMŠAR, Andrej, ANEJA, P. Arun, ŽAGAR, Kristina, SIMONČIČ, Barbara. Influence of preparation procedure of colloidal silver solution on properties of fibres from polylactic acid. *Tekstilec*, 2013, **56**(4), 302–311.
 18. SHASTRI, P. Jayagouri, RUPANI, G. Meeta, JAIN, L. Roopal. Antimicrobial activity of nanosilver-coated socks fabrics against foot pathogens. *Journal of the textile institute*. 2012, **103**(11), 1234–1243, doi: 10.1080/00405000.2012.675680.
 19. KLEMENČIČ, Danijela, TOMŠIČ, Brigita, KOVAČ, Franci, ŽERJAV, Metka, SIMONČIČ, Andrej, SIMONČIČ, Barbara. Preparation of novel fibre-silica-Ag composites: the influence of fibre structure on sorption capacity and antimicrobial activity. *Journal of Materials Science*, 2014, **49**(10), 3785–3794, doi: 10.1007/s10853-014-8090-x.
 20. GORJANC, Marija, BUKOŠEK, Vili, GORENŠEK, Marija, MOZETIČ, Miran. CF₄ plasma and silver functionalized cotton. *Textile Research Journal*, 2010, **80**(20), 2204–2213, doi: 10.1177/0040517510376268.
 21. GORENŠEK, Marija, GORJANC, Marija, BUKOŠEK, Vili, KOVAČ, Janez, JOVANČIČ, Petar, MIHAILOVIČ, Darka. Functionalization of PET fabrics by corona and nano silver. *Textile Research Journal*, 2010, **80**(3), 253–262, doi: 10.1177/0040517509105275.
 22. YAZDANSHENAS, E. Mohammad, SHATERI-KHALILABAD, Mohammad. In situ synthesis of silver nanoparticles on alkali-treated cotton fabrics. *Journal of industrial textiles*, 2013, **42**(4), 459–474, doi: 10.1177/1528083712444297.
 23. FRAS ZEMLIJČ, Lidija, PERŠIN, Zdenka, STENIUS, Per. Improvement of chitosan adsorption onto cellulosic fabrics by plasma treatment. *Biomacromolecules*, 2009, **10**, 1181–1187, doi: 10.1021/bm801483s.
 24. KHALIL-ABAD, Mohammad Shateri, YAZDANSHENAS, Mohammad Esmail, NATEGHI, Mohammad Reza. Effect of cationization on adsorption of silver nanoparticles on cotton surfaces and its antibacterial activity. *Cellulose*, 2009, **16**, 1147–1157, doi: 10.1007/s10570-009-9351-8.
 25. QU, Li-Jun, GUO, Xiao-Qing, TIAN, Ming-Wei, LU, Ang. Antimicrobial fibers based on chitosan and polyvinyl-alcohol. *Fibers and polymers*, 2014, **15**(7), 1357–1363, doi: 10.1007/s12221-014-1357-7.
 26. EMAM, E. Hossam, MOWAFI, Salwa, MASHALY, M. Hamada, REHAN, Mohamed. Production of antibacterial colored viscose fibers using in situ prepared spherical Ag nanoparticles. *Carbohydrate polymers*, 2014, **110**, 148–155, doi: 10.1016/j.carbpol.2014.03.082.
 27. RAD, Panthea Sepahi, MONTAZER, Majid, RAHIMI, Mohammad Karim. Simultaneous antimicrobial and dyeing of wool: A facial method. *Journal of applied polymer science*, 2011, **122**(2), 1405–1411, doi: 10.1002/app.34089.
 28. ILIČ, Vesna, SAPONJIČ, Zoran, VODNIK, Vesna, POTKONJAK, B., JOVANČIČ, P., NEDELJKOVIČ, Jovan, RADETIČ, Maja. The influence of silver content on antimicrobial activity and color of cotton fabrics functionalized with Ag nanoparticles. *Carbohydrate polymers*, 2009, **78**(3), 564–569, doi: 10.1016/j.carbpol.2009.05.015.
 29. MONTAZER, Majid, ALIMOHAMMADI, Farbod, SHAMEI, Ali, RAHIMI, Mohammad Karim. Durable antibacterial and cross-linking cotton with colloidal silver nanoparticles and butane tetracarboxylic acid without yellowing. *Colloids and Surfaces B*, 2012, **89**, 196–202, doi: 10.1016/j.colsurfb.2011.09.015.
 30. SCHINDLER, W. D., HAUSER, P. J. *Chemical finishing of textiles*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004, str. 165–174.
 31. GORENŠEK, Marija, MEDEN, Anton, GORJANC, Marija, RECELJ, Petra. Parameters influencing dyeability of cotton warp at dip-dyeing for jeans. *Textile Research Journal*, 2008, **78**(6), 524–531, doi: 10.1177/0040517507082957.
 32. Backup Information Sanitized T 99-19 »Hygiene protection makes you feel good and comfortable«, Marketing/CorporateIdentity/Backup/Textil/T 99-19 en indd. Dok Nr. T5302E 02, str. 1–14.
 33. JELER, Slava, KUMAR, Marko, TIŠLER, Vesna, BOŽIČ, Dušan. *Interdisciplinarnost barve. 1. del: V znanosti*. Maribor: DKS, 2001, str. 223–224.