

izr. prof. dr. **Marija Gorenšek**<sup>1</sup>, univ. dipl. inž.

**Mateja Sever**<sup>2</sup>, univ. dipl. inž.

mag. **Franci Debelak**<sup>3</sup>, univ. dipl. inž.

doc. dr. **Tatjana Rijavec**<sup>1</sup>, univ. dipl. inž.

doc. dr. **Matejka Bizjak**<sup>1</sup>, univ. dipl. inž.

doc. dr. **Sabina Bračko**<sup>1</sup>, univ. dipl. inž.

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, Snežniška 5, SI-1000 Ljubljana; e-pošta: marija.gorensek@ntf.uni-lj.si

<sup>2</sup> Velana, tovarna zaves Ljubljana, d.d., Šmartinska cesta 52, SI-1000 Ljubljana

<sup>3</sup> Predilnica Litija, d.o.o., Kidričeva cesta 1, SI-1270 Litija

## Pametne tekstilije za zaves: Impregirno barvanje poliestrne preje s fosforescenčnimi pigmenti

*Namen raziskave je bil izdelati fosforescenčno poliestrno (PET) prejo za izdelavo zaves, ki sevajo v temi. Uporabili smo dve različno debeli PET preji in šest fosforescenčnih pigmentov, kot tehniko nanosa pa impregirno barvanje. Preskusili smo dve vezivi. Ugotovili smo, da po nanosu intenzivno sevajo trije pigmenti, od teh najintenzivneje seva Speciallux TPLL-9E Yellow – Green. Efekt sevanja ostane tudi po pranju PET preje. Nanos pigmentov je boljši na debelejšo PET prejo. Idealnega vezanja fosforescenčnih pigmentov na PET prejo z impregirnim barvanjem ne dosežemo. Pri impregnaciji PET preje s pigmentom Speciallux TPLL-9E Yellow – Green z visoko koncentracijo veziva dosežemo odlično obstojnost na drgnjenje in na pranje pri 40 °C. Tako impregirana preja sveti intenzivno 10 ur, dobro pa še po 15 urah.*

***Ključne besede:** fosforescenčni pigment, impregirno barvanje, poliester, sevanje v temi*

### Smart textiles for Curtains. Part I: Pad-dyeing of Polyester Yarn with Phosphorescent Pigments

*The purpose of the research was production of the phosphorescent polyester (PET) yarn for smart curtains glowing in the dark. Two yarns and six phosphorescent pigments were used by pad-dyeing technique. Two binders were tested. It was established that three pigments glow on the yarn but Speciallux TPLL-9E Yellow – Green has the best glowing effect. The glowing effect still remains after washing of PET yarn. Thicker yarn is more suitable for the application of those pigments. However pad-dyeing method is not an ideal technique for binding of phosphorescent pigments on PET yarn. Impregnation of PET yarn with Speciallux TPLL-9E Yellow – Green using high concentration of binder gives an excellent rubbing and wash fastness at 40 °C. The glowing effect of those samples is excellent for 10 hours and remains good even after 15 hours.*

***Keywords:** phosphorescent pigment, pad-dyeing, polyester, glowing in dark*

UDK 677.047.528 : 677.072

### 1.0 UVOD

Pigmenti so barvni delci brez afinitete do tekstilnih vlaken. Njihova velikost znaša ponavadi od 0,05–2 µm.

[1] V vodi so netopni. Na tekstilna vlakna jih vežemo s pomočjo veziv. Primerni so za nanos na različna tekstilna vlakna in mešanice, celo na steklena in nemodi-

ficirana polipropilenska vlakna, kar je odvisno od stopnje oprijemljivosti veziva z vlakni.

Danes se pigmenti veliko več uporabljajo v tekstilnem tisku kot v barvarstvu. V barvarstvu so uporabni predvsem za pigmentno barvanje bombaža, viskoze in mešanic s sintetičnimi vlakni za posteljno perilo, dekorativne tkanine, blago za srajce, bluže, športna oblačila

ipd. Prednost barvanja s pigmenti je v možnosti sočasnega vrhunkega plemenitenja tekstilije. Z vrhunskim plemenitenjem izboljšamo tudi mokre obstojnosti pigmentnega barvanja. Ker uporaba veziv za vezanje pigmentov močno poslabša otip s pigmenti obarvanega materiala, ki pri tem postane trd in tog, barvamo tekstilije s pigmenti ponavadi le v pastelnih barvnih tonih, ker ti zahtevajo nižjo koncentracijo veziva.

Pigmente s fosforescenčnimi lastnostmi danes uporabljajo v različne namene, predvsem v obliki koncentrata »*master batch*«, ki ga dodajajo že med oblikovanjem tekstilnih vlaken oziroma plastičnih izdelkov. Nekateri pigmente s fosforescenčnimi lastnostmi lahko za izdelavo »pametnih tekstilij«<sup>[2]</sup> apliciramo na tekstilije s tiskom ali s pigmentnim barvanjem. V okviru razvojnega projekta smo izvedli poskuse impregnirnega barvanja učinkovitih poliestrnih prej s fosforescenčnimi pigmenti firme Special Chem S.R.L.<sup>[2]</sup> in s fosforescenčnim pigmentom firme CHT R. Beitlich GMBH.<sup>[3]</sup>

## 2.0 TEORIJA

Videz s pigmenti obarvanega materiala je odvisen od več vplivov: <sup>[1]</sup>

1. vrste vlaken, ki jih barvamo,
2. priprave materiala za barvanje,
3. pigmenta,
4. veziva,
5. dodatkov v barvalno kopel in
6. načina barvanja.

**Vrsta vlaken.** Adhezija vezivnega filma je odvisna od morfologije površine vlaken. Bistveno boljša je na hrupavih celuloznih kot na gladkih sintetičnih oz. steklenih vlaknih. Obstojnost obarvanja na drgnjenje pa je boljša na gladkih kot na strukturiranih vlaknih.

**Priprava materiala.** Material pripravimo tako kot za barvanje z barvili, odstranimo škroblina, preparirna in avivirna sredstva, pri celuloznem materialu tudi vse druge nečistoče, ki jih imajo vlakna od rasti (pektini, vosek, beljakovine, naravno barvilo ...) in tiste, ki pridejo v vlakna pri predelavi (prah, ostanki listov, stebel, tekstilnih pomožnih sredstev ...). Tudi za barvanje s pigmenti mora biti material enakomerno vpojen. Na beljenjem materialu bo pigmentno barvanje videti briljantnejše.

**Pigmenti.** Po izvoru delimo pigmente na anorganske in organske.<sup>[4]</sup> Na splošno velja, da imajo anorganski pigmenti odlične obstojnosti na toploto, svetlobo in vremenske dejavnike, prav tako so dobro obstojni na različna topila in kemikalije. Po drugi strani pa imajo anorganski pigmenti v primerjavi z organskimi ponavadi slabše optične lastnosti. Organske pigmente odlikujejo visoka barvna izdatnost in intenzivne barve, njihove obstojnosti pa so lahko zelo različne in včasih ne najboljše. Izjema so le visokozmogljivi pigmenti, za katere je

poleg odličnih barvnih karakteristik značilna tudi zelo dobra obstojnost proti različnim dejavnikom, vendar tudi višja cena. Anorganski in organski pigmenti se razlikujejo tudi v transparentnosti oziroma prekrivni sposobnosti. Za večino anorganskih pigmentov velja, da imajo razmeroma visok lomni količnik, kar jim omogoča veliko prekrivno sposobnost, medtem ko so lomni količniki organskih pigmentov na splošno nižji, zato so nanosi organskih pigmentov bolj transparentni.

**Anorganski pigmenti** so kovinski oksidi in kovine (npr. srebrni pigment je aluminijev prah, zlati pigment pa je mešanica bakra in cinka). Med belimi anorganskimi pigmenti se veliko uporablja titanov dioksid, kot črni pigment pa saje. Barvasti anorganski pigmenti so različni oksidi železa in kroma, sulfidi kadmija, kromati svinca, bizmutov vanadat in cerijev sulfid. Med anorganske pigmente štejemo tudi kovinske luske, biserne in interferenčne pigmente.

Pri anorganskih pigmentih je barva odvisna od prehodov elektronov, pogosto od prenosa nabojev med ligandom in kovinskim atomom ali med dvema kovinama v različnih oksidacijskih stanjih.

**Organski pigmenti** so lahko v vodi netopna redukcijska barvila, predvsem so to derivati flavona in antrakina, pa tudi derivati ftalocianinov in različnih azo spojin.

Pri organskih pigmentih je barvni ton odvisen od sistema konjugiranih dvojnih vezi oziroma zgradbe kromogena in njegove sposobnosti absorpcije vidne svetlobe. Barvni ton vseh vrst pigmentov je odvisen tudi od velikosti pigmentnih delcev.

Danes se v tekstilstvu čedalje pogosteje uporabljajo učinkoviti pigmenti, med katere štejemo **sijajne in luminescenčne pigmente**.<sup>[5]</sup>

**Sijajni pigmenti** imajo obliko lusk, narejeni so iz odbojnih ali transparentnih snovi. Sem spadajo kovinske luske iz aluminija in bakra, biserni pigmenti in interferenčni pigmenti. Biserni in interferenčni pigmenti delujejo podobno. Barve, ki nastanejo zaradi interference, imajo navadno kovinski videz.

**Interferenčni pigmenti** imajo transparentno jedro v obliki ploščice, obdaja pa ga ena ali več tankih plasti. Plasti so transparentne za vidno svetlobo, razlikujejo se po lomnem količniku. Zato se vpadla vidna svetloba na meji tankih plasti deloma odbije, deloma pa lomi v naslednjo tanko plast. Pomembna je prava debelina tankih plasti, ki omogoča, da svetloba interferira.

**Luminescenčni pigmenti** delujejo na osnovi luminescence. Luminescenca je pojav, ko snov oddaja vidno svetlobo zaradi absorpcije katerekoli energije (t. i. vzbujanja), z izjemo toplotne. Vrsto luminescence poimenujemo glede na dejavnik, ki povzroči vzbujanje. Pri elektroluminescenci je to električni tok, pri fotoluminescenci svetloba, pri kemoluminescenci pa energija, ki se sprosti pri kemijskih reakcijah.

Za uporabo v tekstilni industriji so zanimivi predvsem fotoluminescenčni pigmenti. Glede na časovni

potek fotoluminiscence ločimo fluorescenco in fosforescenco. Pri fluorescenci je sevanje vezano na svetlobni vir. Snov zasveti takoj po osvetlitvi in sveti le kratek čas po vzburjanju ( $10^{-9}$ – $10^{-3}$  s), pri fosforescenci pa snov seva z zamudo, t.j. tudi potem, ko svetlobni vir ni več prisoten in sveti dlje časa, tudi več ur.

Za organske molekule je značilno, da se po absorpciji energije hitro vrnejo iz vzbujenega v osnovno stanje. Zato organske spojine sevajo svetlobo takoj in kratek čas. V anorganskih pigmentih pa je luminiscenca povezana s kristalno strukturo anorganskega pigmenta. Sevanje svetlobe je povezano z vzburjanjem in prehajanjem velikega števila elektronov iz vzbujenih stanj v osnovna stanja. Vzburjena stanja so obstojnejša, zato lahko sevanje nastopi z zakasnitvijo in traja dlje časa. Časovni potek sevanja je odvisen od kemijske strukture anorganskega pigmenta, njegove kristalne simetrije in prisotnosti nečistoč ali aktivatorjev.

Fosforescenčni pigmenti so najpogosteje kristalinične anorganske snovi na osnovi cink-kadmijevega sulfida ali kalcij-stroncijevega sulfida. Vsebujejo aktivatorje, kot so npr. baker, srebro in nikelj. Od vrste in količine aktivatorja je odvisna barva sevane fosforescirane svetlobe, od velikosti kristalov pa trajanje fosforescence. Fotoluminiscenčni pigmenti so včasih vsebovali luminiscenčni pigment cinkov sulfid, ki so mu morali dodajati radioaktivni material za izboljšanje sevanja.<sup>[2]</sup> Taki fosforescenčni pigmenti se danes ne uporabljajo več. Za namen izdelave »pametnih zaves« smo uporabili netoksične luminiscenčne pigmente, narejene na osnovi novih izhodnih snovi. Kemijsko so ti pigmenti zmes oksidov stroncija, aluminija, bora, evropija, disprozija in kalcija.

**Veziva** za pigmentno barvanje so vodne disperzije različnih sintetičnih kopolimerov. Po nanosu in odstranitvi topila dobro vezivo oblikuje na tekstiliji enakomerno debel, brezbarven, prozoren, mehak film, odporen na staranje na svetlobi in odporen proti mehanskim in kemičnim vplivom. Sodobna veziva za pigmente so poliakrilati, izdelani z emulzijsko polimerizacijo monomerov. Reaktivna mrežna komponenta je pogosto N-metilolmetakrilamid. Ta vrsta veziv je primerna tudi za nanos fosforescenčnih pigmentov. Pri vezivih za uporabo v barvarstvu je zelo pomemben mehak otip, saj pigmentno barvanje najbolj prizadene otip tekstilije. Za impregnacijo pogosto uporabljamo v impregnilno pigmentno disperzijo dodano vrhunsko plemenitilno sredstvo v obliki dimetilol-etilen ali -propilen sečnine.

**Dodatki v impregnilno pigmentno kopel** so dispergator, ki zagotovi homogeno porazdelitev pigmentov, protimigracijsko sredstvo, ki lepi enakomerno nanesen pigment na površino tekstilije, da pri sušenju ne migrira, higroskopično sredstvo, tenzid, ki preprečuje nastajanje oblog na ožemalnih valjih, moderator otipa, zamreževalci, katalizator, adhezivna sredstva, ki povečajo odpornost pigmentov na drgnjenje.

### 3.0 EKSPERIMENTALNI DEL

V raziskavi smo na dve različni poliestrni (PET) preji nanašali fosforescenčne pigmente z impregnilnim barvanjem, za katero potrebujemo fular, sušilnik in kondenzirno napravo.

Impregnacijo smo izvedli pri sobni temperaturi s 60–65-odstotnim ožemalnim učinkom.

Impregnilrana predena smo sušili pri 100 °C in kondenzirali tri minute pri 150 °C.

Za izdelavo »pametnih tekstilij« v obliki poliestrnih zaves z vtkanimi fosforescenčnimi nitmi smo uporabili fosforescenčne pigmente Speciallux (Special Chem S.R.L.)<sup>[2]</sup> in fosforescenčni pigment Tubiscreen Green 45 (CHT R. Beitlich GMBH).<sup>[3]</sup>

Uporabili smo dve vrsti preje:

- 12 tex (Nm 85) flamme 5,0/m, 100 % PET, (1,5 dtex/38 mm, svetleča, bela), 1200 zavojev/m, Predilnica Litija in
- 100 tex (Nm 10) flamme 4,5/m, 100 % PET (1,5 dtex/38 mm, svetleča, bela), 325 zavojev/m, Predilnica Litija.

**Impregnilne barvalne kopeli** smo sestavili po navodilih firme Minerva:

- Speciallux pigment – X g/l,
- Padding Binder FM/N – 80 g/l oz. Elastil Transparent FG
- katalizator amon sulfat (1:2) – 6 g/l
- Sinergil T – 50 g/l

X = 10 g/l, 20 g/l, 30 g/l, 40 g/l, 50 g/l

Z zgoraj navedenimi koncentracijami pigmentov smo izvedli impregnilno barvanje obeh PET prej. Poskuse smo izvedli enkrat z vezivom Padding Binder FM/N (Minerva), enkrat pa z vezivom Elastil Transparent FG (Minerva). Vezivo Elastil Transparent FG je že pripravljena pasta in mu ni treba dodati katalizatorja amon sulfata in dispergatorja Sinergila T.

Nanos pigmenta Speciallux TPLL-9E Yellow – Green smo izvedli tudi z impregnacijo preje v zelo koncentrirani kopeli po naslednji recepturi:

- Speciallux TPLL-9E Yellow – Green – 50 g/kg
- Padding Binder FM/N – 894 g/kg oz. 950 g/kg Elastil Transparent FG
- katalizator amon sulfat (1:2) – 6 g/kg
- Sinergil T – 50 g/kg

Del veziva smo nadomestili še enkrat s 100 g vode, drugič pa z 200 g vode.

Pogoji impregnacije, sušenja in kondenzacije so bili enaki pogojem, ki so opisani za impregnilno barvanje.

Poskuse impregnilnega barvanja pa smo na PET prejah izvedli še s pigmentom Tubiscreen Green 45 (CHT R. Beitlich). Izdelovalec predpisuje za vezanje pigmenta Tubiscreen Green 45 pasto Tubiscreen ET, ki jo sestavlja

bela, srednje viskozna akrilatna disperzija anionske narave. Originalna receptura predpisuje tisk fotoluminescenčnega pigmenta z uporabo Tubiscreen MET paste ob dodatku 5–10 % vode. Naši poskusi impregnirnega barvanja so bili izvedeni z modifikacijo tega postopka. Sestava impregnirne kopeli s 50 g/l pigmenta in različnimi koncentracijami veziva je bila naslednja:

- Tubiscreen Green 45 – 50 g/l
- Tubiscreen MET – 100 g/l, 200 g/l, 300 g/l, 400 g/l

### Meritve svetlosti

Meritve svetlosti smo izvedli na debelejši PET preji (100 tex), impregnirani s 50 g/kg pigmenta (894 g/kg Padding Binder FM/N, katalizator in dispergator oziroma z 950 g/kg Elastil Transparent FG) in s 150 g/kg pigmenta (794 g/kg Padding Binder FM/N, katalizator in dispergator oziroma z 850 g/kg Elastil Transparent FG). Meritve smo izvedli tudi na vzorcih oprane impregnirane preje.

Prejo smo navili na bel kartonski nosilec in jo 12 ur aktivirali s fluorescenčnimi sijalkami (1000 lx) z barvno temperaturo 5619 K. Pred osvetljevanjem oziroma aktivacijo so bili vzorci 24 ur v popolni temi. Vzorec smo nato v temni komori pripeli na nosilec na fotometrični klopi (Ealing 22–950). Razdalja med merjencem in merilnikom je znašala 47 cm. Meritve smo izvedli z merilnikom svetlosti (L 1009, LMT, merilno polje 3°, T = 23 ± 1 °C, RH = 38 %) 10 min, 30 min in eno uro po končani aktivaciji in nadalje vsako uro do 12 ur po končani aktivaciji.

### 4.0 REZULTATI RAZISKAVE Z DISKUSIJO

Impregirno barvanje s fosforescenčnimi pigmenti Speciallux TPLL–9E Yellow – Green (YG), Speciallux TPY–9E Yellow – Green (YG1), Speciallux TPB–9E Sky – Blue (SB), Speciallux TPP–9E Purple (P), Speciallux MTO–4D Orange (O) in Speciallux MSOR–4D Orange (O1) v zgoraj navedenih koncentracijah je pokazalo, da je kljub dodanemu dispergatorju zelo težko te pigmente enakomerno porazdeliti v impregnirni kopeli. Zato tudi nanos pigmentov na PET preje ni popolnoma ena-

komen. Na debelejši efektni PET preji (100 tex) pa ta neenakomernost nanosa pri sevanju v temi ni moteča.

Preglednica 1 prikazuje nekatere lastnosti uporabljanih pigmentov, povzete iz tehnične dokumentacije izdelovalca SpecialChem S.R.L.<sup>[6]</sup>

Fosforescenčni pigmentni delci so precej veliki (od 10–20 µm oz. od 15–45 µm). Najučinkoviteje jih vzbuja kratkovalovni del vidne svetlobe in bližnja UV svetloba. Iz preglednice je razvidno, da sevajo pretežno rumeno–zeleno ali vijoličasto. Prvi trije pigmenti sevajo po podatkih izdelovalca potem, ko so bili dovolj časa osvetljeni, v temi tudi več kot 15 ur.

Rezultati impregnirnega barvanja PET preje s temi pigmenti kažejo, da je efekt sevanja v temi najboljši na debelejši preji (100 tex), ki je bila impregnirana z najvišjo koncentracijo pigmentov, 50 g/l. Impregnirana preja seva enako dobro pri uporabi veziva Padding Binder FM/N ali pa veziva Elastil Transparent FG. Sevanje impregnirane preje smo spremljali vizualno z opazovanjem vzorcev v temni komori. Rezultati kažejo, da v temi najbolj seva preja, ki je bila impregnirana s Speciallux TPLL–9E Yellow – Green, malo slabše pa preja, impregnirana s Speciallux TPY–9E Yellow – Green. Intenzivno vijoličasto sevanje v temi kaže tudi Speciallux TPP–9E Purple. Modri in oranžni pigmenti tudi v najvišji koncentraciji sevajo v temi slabše kot prvi trije. Sevanje pigmenta Speciallux TPLL–9E Yellow – Green daje videz povečanja voluminoznosti preje.

Skladno z uporabnostjo rezultatov smo analizirali le obstojnosti debelejša PET preje (100 tex), impregnirane s fosforescenčnimi pigmenti po postopku impregnirnega barvanja. Analiza pokaže, da že pri suhem drgnjenju pigmentni delci odletavajo, pri testu na mokro drgnjenje pa ostaja na beli omočeni tkanini madež. Slabše vezanje pigmenta na PET prejo pokaže vezivo Padding Binder FM/N v primerjavi z vezivom Elastil Transparent FG. Testiranje je bilo izvedeno po standardu SIST EN ISO 105 – X12.<sup>[7]</sup> S pranjem pri 40 °C s pralnim sredstvom s tržišča se pigmenti, ki niso vezani, sperejo. Efekt sevanja v temi po pranju sicer ostaja, vendar skladno z nižjo koncentracijo pigmenta sorazmerno oslabi. Efekt sevanja po pranju je boljši na vzorcih, kjer smo za vezanje uporabili vezivo Elastil Transparent FG. Povzamemo lahko, da so pigmenti Speciallux za nanos po impregnirnem barvalnem postopku

**Preglednica 1:** Pigment, obarvanost pigmenta, barva sevanja,  $\lambda_{\max}$  sevane svetlobe in trajanje sevanja (ure)

Pigment	Obarvanost pigmenta	Barva sevanja	$\lambda_{\max}$ sevanja (nm)	Trajanje sevanja (ure)
YG	nizkosevajoča	rumeno-zelena	580	>15
YG1	rahlo rumena	rumeno-zelena	580	>15
SB	mlečno bela	nebesno modra	489	>20
P	bela	vijoličasta	400	>5
O	nežno oranžna	oranžna	ni podatka	po 60 min. seva šibko
O1	nežno oranžna	oranžna	ni podatka	po 60 min. seva šibko

manj primerni, če je PET preja tanjša in bolj gladka, k čemur verjetno v veliki meri pripomore tudi velikost pigmentnih delcev. Uporabnejši so za nanos na debelejšo efektno PET prejo, predvidevamo pa, da bi bili lahko še bolj uporabni za nanose v jedro preje, ki ga ovija druga plast vlaken. Od obeh uporabljenih veziv se je za boljše izkazalo vezivo Elastil Transparent FG.

Poskusi impregnacije debelejše efektne PET preje s koncentrirano pasto, kot tudi z uporabo 100 g oz. 200 g vode kažejo odlične rezultate vezanja pigmenta Speciallux TPLL-9E Yellow – Green na prejo. Impregnirana preja ima odlično obstojnost na drgnjenje in na pranje pri 40 °C. Rezultati kažejo, da je za prenos v prakso treba vzeti za impregnacijo visoko koncentracijo veziva. Pri teh poskusih se obe vezivi pokažeta za primerni, Padding Binder FM/N pa daje mehkejši otip.

Sposobnost sevanja preje, impregnirane s fosforescenčnim pigmentom Speciallux TPLL-9E Yellow – Green, smo preverili na dva načina. Vzorce debelejšo PET preje, ki smo jih impregnirali s 50 g/l pigmenta Speciallux TPLL-9E Yellow – Green po načinu impregnirnega barvanja, in vzorce, impregnirane z visoko koncentracijo veziva, smo osvetljevali 12 ur v komori s svetlobo D65 in jih nato prenesli v temnico. Vsako uro smo zasledovali sposobnost sevanja posameznega vzorca. Ugotovili smo, da vzorci odlično sevajo 10 ur, dobro pa sevajo tudi po 15 urah. Poskuse smo izvedli tudi na pranih vzorcih in prišli do enakih ugotovitev. Tako smo se prepričali, da so vzorci preje, impregnirani

s pigmentom Speciallux TPLL-9E Yellow – Green, uporabni za izdelavo »pametnih zaves«, ki sevajo vso noč. Dolgotrajno sevanje je zaželeno za izdelavo zaves za otroške sobe in sobe starejših in bolnih oseb.

Merili smo tudi svetlost s pigmentom Speciallux TPLL-9E Yellow – Green impregnirane debelejšo PET preje, kot je opisano v eksperimentalnem delu. Rezultati meritev svetlosti v odvisnosti od časa so podani v preglednici 2. Rezultati v preglednici so srednja vrednost dveh meritev, pri čemer odstopanja od srednje vrednosti ne presegajo ±7 %.

Pri 50 g/kg pigmenta so začetne svetlosti malo večje na vzorcih, ki so bili impregnirani z dodatkom veziva Padding Binder FM/N. Enak trend se kaže tudi pri opranih vzorcih. Pri vzorcih, ki smo jih impregnirali s 150 g/kg pigmenta, pa je primerjalna svetlost rahlo večja na vzorcih, kjer smo za vezivo uporabili Elastil Transparent. Začetna svetlost vzorcev s 150 g/kg pigmenta v primerjavi z vzorci s 50 g/kg pigmenta je 2,3-krat višja (Elastil Transparent FG) oz. 2,7-krat višja (Padding Binder FM/N). Pomemben podatek je tudi, da se začetna svetlost preje po pranju zmanjša za približno 1,5-krat pri vzorcih s 50 g/kg pigmenta in za približno 1,65-krat pri vzorcih s 150 g/kg pigmenta.

Impregnirno barvana debelejša efektna PET preja (100 tex) s pigmentom Tubiscreen Green 45 daje neprijeten otip, posebno pri koncentracijah 200 g/l veziva Tubiscreen MET in več. Pigment je bil nanosen v koncentraciji 50 g/l, ki se je pri pigmentih Speciallux

**Preglednica 2:** Svetlost (cd/m<sup>2</sup>) PET preje, impregnirane s pigmentom Speciallux TPLL-9E Yellow – Green, v odvisnosti od časa

t (h)	Svetlost L (cd/m <sup>2</sup> )							
	1	1-O	2	2-O	3	3-O	4	4-O
0,1	0,0229	0,0145	0,0237	0,0159	0,0608	0,03515	0,0538	0,0327
0,5	0,0086	0,00485	0,00975	0,0060	0,02405	0,0137	0,0208	0,0137
1	0,0038	0,0019	0,0043	0,00295	0,0127	0,0077	0,0107	0,00705
2	0,00195	0,0010	0,0021	0,00135	0,0060	0,00355	0,00525	0,00335
3	0,00135	0,00075	0,00135	0,0010	0,00395	0,00235	0,0036	0,00225
4	0,00105	0,00055	0,00105	0,0007	0,0030	0,0018	0,00255	0,00175
5	0,00075	0,00045	0,00085	0,0006	0,0024	0,00155	0,00215	0,0014
6	0,0003	0,00035	0,0007	0,0004	0,0019	0,0010	0,00155	0,000105
7	0,00045	0,00025	0,0005	0,00035	0,0015	0,00095	0,00135	0,0009
8	0,0003	0,0002	0,00045	0,0003	0,00125	0,00075	0,0012	0,00075
9	0,0003	0,0002	0,0004	0,00025	0,0011	0,0007	0,0010	0,00065
10	0,00025	0,00015	0,0004	0,00025	0,00105	0,00065	0,0009	0,0006
11	0,00025	0,0001	0,0003	0,0002	0,0008	0,00055	0,00075	0,0005
12	0,00015	0,0001	0,00025	0,0001	0,00075	0,00045	0,0007	0,00045

**Vzorec:**

1 50 g/kg pigment, 950 g/kg Elastil Transparent FG

1-O vzorec 1, opran

2 50 g/kg pigment, 894 g/kg Padding Binder FM/N, 6 g/kg amon sulfat, 50 g/kg Sinergil T

2-O vzorec 2, opran

3 150 g/kg pigment, 850 g/kg Elastil Transparent FG

3-O vzorec 3, opran

4 150 g/kg pigment, 794 g/kg Padding Binder FM/N, 6 g/kg amon sulfat, 50g/kg Sinergil T

4-O vzorec 4, opran

pokazala za ustrezno koncentracijo pigmenta za sevanje tudi po odstranitvi svetlobnega vira. Rezultati sevanja preje, impregnirane s pigmentom Tubiscreen Green 45, kažejo, da je koncentracija pigmenta 50 g/l prenizka. Za tisk izdelovalec predpisuje uporabo pigmenta v koncentracijah od 150–200 g/l.

Po podatkih izdelovalca pigment Tubiscreen Green 45 v temi seva z zakasnitvijo, potem ko je bil osvetljen s svetlobo, a le 30 minut. Ker tudi aplikacija tega pigmenta na efektivno PET prejo v obliki pigmentnega barvanja ne daje ustreznega efekta, sklepamo, da pigment ni primeren za izdelavo pametnih zaves s sevanjem v temi.

## 5.0 SKLEPI

Raziskava je pokazala, da je za impregnilno barvanje s fosforescenčnimi pigmenti primernejša debelejša efektivna PET preja. Impregnacije z malo veziva, ki se uporabljajo pri klasičnem impregnilnem barvanju, ne dajejo dobrih obstojnosti pigmentno barvane preje. Zato je treba uporabiti visoko koncentracijo veziva. Za sevanje v temi je zadostna koncentracija 50 g/l pigmenta. Od šestih pigmentov firme Special Chem<sub>S,R,L</sub> smo za prenos v prakso izbrali pigment Speciallux TPLL–9E Yellow – Green. Preskus sevanja impregnirane preje po 12-urnem osvetljevanju s svetlobo D65 pokaže, da s tem pigmentom impregnirani vzorci debele (100 tex) efektivne preje sevajo v temi odlično 10 ur, dobro pa tudi še po 15 urah. Zato so uporabni za izdelavo »pametnih zaves«. Izmerjene vrednosti svetlosti s Speciallux TPLL–9E Yellow – Green impregnirane PET preje vizualno opazovanje lepo potrjujejo.

Pigment Tubiscreen Green 45 daje dobre obstojnosti le, če ga nanašamo s koncentriranim vezivom, seva pa po prenosu v temo le 30 minut. Zato ni primeren za izdelavo zaves z efektom sevanja v temi.

### Zabvala

*Za opravljene meritve svetlosti se zahvaljujemo doc. dr. Gregi Bizjaku iz Laboratorija za razsvetljavo in fotometrijo Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani.*

*\*Raziskava poteka v sklopu strateškega razvojnega projekta Pametne tekstilije v zavesah, ki ga sofinancira Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo.*

### Viri:

- [1] ZOLLINGER, H. *Color Chemistry*. Weinheim : VCH, 1987, p. 237–243.
- [2] *Tehnična dokumentacija Special Chem<sub>S,R,L</sub>: Speciallux*.
- [3] *Tehnična dokumentacija CHT R. Beitlich GMBH : Tubiscreen Green 45, Tubiscreen MET*.
- [4] CHRISTIE, RM. *Colour Chemistry*. Cambridge : The Royal Society of Chemistry, 2001, p. 148–167.
- [5] BARLE, N. Pigmenti v premaznih sredstvih, V *Interdisciplinarnost barve, 2. del V aplikaciji*, Maribor: DKS, 2003, str. 277–314.
- [6] <http://www.specialchem.it/prodotti.htm>
- [7] *Tekstilije – Preskušanje barvne obstojnosti – Del X12: Barvna obstojnost proti drgnjenju, Standard SIST EN ISO 105 – X12*.

Prispelo/Received: 12–2006; sprejeto/accepted 12–2006