

**Sveučilište u Zagrebu Tekstilno – tehnoški fakultet**

**University of Zagreb, Faculty of Textile Technology**



**ZBORNIK RADOVA**

**10. Znanstveno – stručnog savjetovanja  
TEKSTILNA ZNANOST I GOSPODARSTVO**

**BOOK OF PROCEEDINGS**

**10<sup>th</sup> Scientific – Professional Symposium  
TEXTILE SCIENCE & ECONOMY**



24. siječnja 2017, Zagreb, Hrvatska  
24<sup>th</sup> January 2017, Zagreb, Croatia

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno – tehnološki fakultet  
University of Zagreb Faculty of Textile Technology

# TEKSTILNA ZNANOST I GOSPODARSTVO

## TEXTILE SCIENCE AND ECONOMY

### ZBORNIK RADOVA BOOK OF PROCEEDINGS

10. znanstveno – stručnog savjetovanja

10<sup>th</sup> Scientific – Professional Symposium

**KOMPLEMENTARNOST ZNANOSTI, TEHNOLOGIJE I DIZAJNA**  
**THE COMPLEMENTARITY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND DESIGN**



24. siječnja 2017., Zagreb, Hrvatska  
24<sup>th</sup> January 2017, Zagreb, Croatia



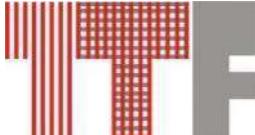
ISSN 2584-6450 (On – line)

ISSN 2459-8186 (CD – ROM)



## Organizacija/Organized by:

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
TEKSTILNO TEHNOLOŠKI FAKULTET



UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF TEXTILE TECHNOLOGY

HRVATSKI KLASTER KONKURENTNOSTI  
INDUSTRIJA TEKSTILA KOŽE I OBUĆE



HRVATSKI KLASTER  
KONKURENTNOSTI  
Industrija tekstila, kože i obuće

COMPETITIVENESS CLUSTERS  
TEXTILE, LEATHER GOODS AND FOOTWARE INDUSTRY

## Pokrovitelji/Patrons:



Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa  
Ministry of Science, Education and Sport



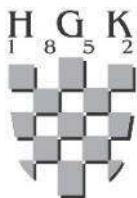
Ministarstvo gospodarstva, poduzetništva i obrta  
Ministry of Economy, Entrepreneurship and Crafts



Sveučilište u Zagrebu  
University of Zagreb



Hrvatska akademija tehničkih znanosti  
Croatian Academy of Engineering



Hrvatska gospodarska komora  
Croatian Chamber of Economy



Hrvatska obrtnička komora  
Croatian Chamber of Trades and Crafts



## Izdavač/Publisher:

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno – tehnološki fakultet  
University of Zagreb Faculty of Textile Technology

## Urednica/Editor:

Izv. prof. dr. sc. Martinia Ira Glogar

## Tehnički urednici/Technical editors:

Doc. dr. sc. **Anica Hursa Šajatović**  
Izv. prof. dr. sc. **Ana Sutlović**

## TZG Logo/TZG Logo:

Izv. prof. dr. sc. Martinia Ira Glogar

## Kontakt adresa/Contact address:

Sveučilište u Zagrebu  
Tekstilno – tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a  
HR-10000 Zagreb  
☎: +(385) (1) 3712500  
✉: [tzg@ttf.hr](mailto:tzg@ttf.hr)  
<http://tzg.ttf.unizg.hr>

University of Zagreb  
Faculty of Textile Technology  
Prilaz baruna Filipovića 28a  
HR-10000 Zagreb  
☎: +(385) (1) 3712500  
✉: [tzg@ttf.hr](mailto:tzg@ttf.hr)  
<http://tzg.ttf.unizg.hr>

## Opaska>Note:

Svi radovi u ovom zborniku su recenzirani. Bez obzira na to, urednici i organizator ne odgovaraju za sadržaj prikazan u ovoj publikaciji. Sva prava pripadaju autorima, što znači da će daljnji uvjeti objave rada biti dogovoreni sa samim autorima. Nakon objave Zbornika TZG 2017, autori kao i druge osobe ili institucije koji žele objaviti reference ili na neki način koriste rad iz ove publikacije, se mole da navedu prethodnu objavu rada u Zborniku TZG 2017.

All the papers presented in this publication have been reviewed. However the editors and the organizers are not responsible for the contents presented within the papers. All the rights belong to the authors, meaning further publication conditions should be agreed upon with the authors. Upon the Book of the Proceedings publication the authors, so as the other persons or institutions wishing to publish reference or in some other manner use the papers from this publication are kindly requested to explicitly identify prior publication in the Book of the Proceedings 2017.



## Znanstveni odbor/Scientific Programme Committee:

### Predsjednik/President:

Prof. dr. sc. **Dubravko Rogale**  
Prof. emerit. **Ana Marija Grancarić**  
Prof. dr. sc. **Sandra Bischof**  
Izv. prof. dr. sc. **Antoneta Tomljenović**  
Izv. prof. dr. sc. **Livio Racane**  
Izv. prof. dr. sc. **Vesna Marija Potočić Matković**  
Doc. dr. sc. **Sanja Ercegović Ražić**  
Doc. dr. sc. **Krešimir Purgar**

## Organizacijski odbor/Organizing Committee:

### Predsjednik/President:

Izv. prof. dr. sc. **Martinia Ira Glogar**  
Izv. prof. dr. sc. **Ana Sutlović**  
Izv. prof. dr. sc. **Slavenka Petrk**  
Doc. dr. sc. **Anica Hursa Šajatović**  
Doc. dr. sc. **Ivana Salopek Čubrić**  
Doc. **Koraljka Kovač Dugandžić**  
Dr. sc. **Alica Grilec Kaurić**  
Dr. sc. **Bosiljka Šaravanja**

## Recenzenti/Reviewers:

Sandra Bischof; Ana Marija Grancarić; Dubravko Rogale; Antoneta Tomljenović; Livio Racane; Sanja Ercegović Ražić; Vesna Marija Potočić Matković; Krešimir Purgar; Martinia Ira Glogar; Ana Sutlović; Alica Grilec Kaurić; Anica Hursa Šajatović; Andrea Pavetić; Suzana Kutnjak-Mravljinčić; Željko Penava; Slavenka Petrk; Tomislav Rolich; Katarina Nina Simončić; Željko Šomođi; Anita Tarbuk; Zlatko Vrljičak; Zenun Skenderi; Maja Somogyi Škoc; Željko Knežić; Ivana Salopek Čubrić; Sandra Flinčec Grgac; Goran Čubrić; Snježana Firšt Rogale; Irena Šabarić

## Riječ urednika

TEKSTILNA ZNANOST I GOSPODARSTVO (TZG) je znanstveno-stručno savjetovanje kojem je cilj okupiti renomirane znanstvenike i vodeće stručnjake gospodarstva iz raznih područja tekstila, odjeće, obuće, kože i galerije s namjerom razmjene znanja i iskustva, uspostavljanja suradnje i integracije. Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet (TTF) i ove godine organizira 10., jubilarno, znanstveno - stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo (TZG) pod naslovom "Komplementarnost znanosti, tehnologije i dizajna". Savjetovanje prati i Zbornik znanstvenih i stručnih radova. Ovom se prigodom zahvaljujem autorima radova, recenzentima i uredništvu Zbornika te svim drugim suradnicima koji su svojim radom pomogli objavljuvanju ovog Zbornika radova.

Izbor tema Savjetovanja vođen je idejom poboljšanja konkurentnosti hrvatskog tekstilnog i odjevnog gospodarstva sukladno smjernicama europske tehnološko-razvojne platforme. Izražavamo veliko zadovoljstvo odazivom renomiranih znanstvenika i gospodarstvenika iz zemlje, ali i iz inozemstva, poglavito zahvaljujemo na dolasku renomiranom znanstveniku i sveučilišnom profesoru Juan P. Hinestrozi s Cornell sveučilišta u SAD-u. Profesor Hinastroza će u plenarnom predavanju pod naslovom „*Can Nanotechnology be Fashionable? Tales of merging Fiber Science and Apparel Design*“ prikazati kako je upravo povezivanje znanosti, tehnologije i dizajna, odnosno implementacija rezultata najnovijih istraživanja s područja tekstilnih znanosti i znanosti o vlaknima u dizajnerska rješenja, temelj vrhunskog gotovog prozvoda.

Slijede pozvana predavanja iz Slovenije, Univerza v Mariboru, izv. prof. dr. sc. Daniele Zavec Pavlinić „*Funkcionalni dizajn, vizualizacija, pametna odijela i tradicionalna tehnologija*“; Sveučilišta u Zagrebu Fakulteta strojarstva i brodogradnje, prof. dr. sc. Mladena Šercera „*Aditivna proizvodnja i dizajn*“; Sveučilišta u Zagrebu Ekonomskog fakulteta u Zagrebu, prof. dr. sc. Mislava Omazića „*Važnost inovacija u kreativnim industrijama*“; Sveučilišta u Zagrebu Arhitektonskog fakulteta u Zagrebu, doc. Sanje Bencetić „*ŽIRAHU i prijatelji*“ i doc. Ivane Fabrio „*Dizajn - između znanosti, tehnologije i umjetnosti*“; Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno – tehnološkog fakulteta, izv. prof. dr. sc. Slavenke Petrak „*Sinergija znanosti i poduzetništva – Inovativni razvoj profesionalnog ronilačkog odijela*“, te gospodarstvenika, gospodina Josipa Pelina „*Šivanje po mjeri – od dizajna do gotovog odijela*“, Stjepana Peza „*Projekti od nacionalnog interesa (PNI) tt Galeb*“ te dizajnerice Dijane Vojak Pokić „*Ideja, mogućnost, realizacija*“.

Uz navedeno, organizira se i Okrugli stol na kojem će gospodarstvenici, te ostali sudionici, moći direktno doprinijeti raspravi na temu "Znanost, tehnologija, dizajn – od ideje do gotovog proizvoda". U Zborniku je objavljeno 28 radova u cijelosti, a dodatno i poster prezentacije koje pokazuju rezultate najnovijih istraživanja u području tekstilne znanosti, tehnologije i dizajna. Svi radovi su kategorizirani u tri skupine (izvorni znanstveni radovi, pregledni radovi i stručni radovi).

Ovo Savjetovanje pruža priliku gospodarstvenicima, predstavnicima sveučilišta i istraživačkih ustanova da iznesu i razmijene iskustva, mišljenja, rezultate istraživanja i predlože projekte istraživanja i razvoja. Na kraju ovog obraćanja urednice, pozivamo sve gospodarstvenike da se, unatoč teškoćama, odnosno upravo zbog njih, još intenzivnije uključe u razvojne projekte u suradnji sa Sveučilištem u Zagrebu Tekstilno-tehnološkim fakultetom jer samo zajedničkim radom i zajedničkim projektima možemo doprinijeti održanju i razvoju tekstilnog gospodarstva Hrvatske i šire regije.

Zagreb, 24. siječnja 2017.

Urednica Zbornika:

Izv. prof. dr. sc. Martinia Ira Glogar

## Editor's word

TEXTILE SCIENCE AND ECONOMY (TSE) is scientific - professional symposium which aims to bring together renowned scientists and leading experts from the various fields of textiles, clothing, footwear, leather goods and accessories with the intention of sharing knowledge and experiences, establishing cooperation and integration. University of Zagreb Faculty of Textile Technology (TTF) is organizing the 10<sup>th</sup>, jubilee, scientific - professional symposium Textile Science and Economy (TSE) under the title "The complementarity of science, technology and design." Symposium is accompanied by the Book of Proceedings. On this occasion, we thank the authors of papers, reviewers, editorial staff and all other associates who invested their work in releasing this Book of Proceedings. The topics of the Symposium were guided by the idea of enhancing the competitiveness of the Croatian textile and clothing economy in accordance with the guidelines of European TechnologyPlatform (ETP). We express great satisfaction with the response of renowned scientists and economy experts from Croatia and abroad, especially to professor Juan P. Hinestrosa from Cornell University in the USA. Professor Hinestrosa will hold the plenary lecture entitled "Can Nanotechnology be Fashionable? Tales of merging Fiber Science and Apparel Design" and will present the idea of integration of science, technology and design as well as the possibility of implementation of the results of the latest research in the field of textile science and the science of fiber in design solutions, which are the foundation of a superior finished products.

The following invited lectures are from Slovenia, University of Maribor, assoc. prof. Daniela Zavec Pavlinič, Ph.D., "Functional design, visualization, smart suits and traditional technologies"; University of Zagreb Faculty of Mechanical Engineering, prof. Mladen Šercer, Ph.D., "Additive production and design"; University of Zagreb Faculty of Economics in Zagreb, prof. Mislav Omazic, Ph.D., "The importance of innovation in creative industries"; University of Zagreb Faculty of Architecture, assist. prof. Sanja Bencetić "ZIRAH and friends" and assist. prof. Ivana Fabrio "Design - between science, technology and art"; University of Zagreb Faculty of Textile Technology, assoc. prof. Slavenka Petrank, Ph.D., "The synergy of science and entrepreneurship - innovative development of professional diving suit", as well as renown experts from economy and production, Mr. Josip Pelin "Tailoring - from design to final suit", Stjepan Pezo "Projects of national interest (PNI) tt Galebl" and designer Diana Vojak Pokić "Idea, the possibility, the realization".

Round table will be traditionally organized and this year with the topic "Science, technology, design - from concept to finished product."

In the Book of Proceedings 28 full papers will be published jointly with their poster presentations showing the results of the latest research in the field of textile science, technology and design. All papers are categorized into three groups (original research papers, review articles and professional papers).

This Symposium provides an opportunity for economists, representatives of universities and research institutions to present and exchange experiences, opinions, research results and propose research and development projects.

At the end of this editorial words, we invite all businessmen to be, despite the difficulties, or because of them, even more intensively involved in development projects in collaboration with the University of Zagreb Faculty of Textile Technology, because only by working together on joint projects we will contribute to further development of the Croatian textile economy.

Zagreb, January 24<sup>th</sup>, 2017.

Proceedings editor:

  
Izv. prof. dr. sc. Martinia Ira Glogar



---

## SADRŽAJ

---

---

## CONTENTS

---

---

## IZVORNI ZNANSTVENI RADOVI / ORIGINAL SCIENTIFIC PAPERS:

---

Ivana SALOPEK ČUBRIĆ & Tea BADROV Pređe u medicini: analiza vlačnih svojstava kirurških konaca Yarns in medicine: analysis of tensile properties of surgical threads.....	14
Petra BAGARIĆ; Jose M. CANAL; Katia GRGIĆ & Anita TARBUK Utjecaj predobrade na dizajn odjevnih predmeta The influence of enzymatic pretreatment on apparel design .....	19
Nikolina DRAGOJEVIĆ; Martinia Ira GLOGAR & Koraljka KOVAČ DUGANDŽIĆ Simultani kontrast kao element dizajna Simultaneous contrast as design effect.....	25
Lela PINTARIĆ; Iva REZIĆ & Ana VRSALOVIĆ PRESEČKI Biokatalitička sinteza nanočestica kalcijevog karbonata Biocatalytical synthesis of calcium carbonate nanoparticles .....	31
Ivona JERKOVIĆ <sup>1</sup> ; Ana Marija GRANCARIĆ <sup>1</sup> ; Clément DUFOUR <sup>2</sup> ; Francois BOUSSU <sup>2</sup> ; Peng WANG <sup>2</sup> & Vladan KONČAR <sup>2</sup> Stamping analiza 3D tekstilnog predoblaka s novo razvijenim tekstilnim senzorima Stamping analysis of 3D textile preform with newly developed textile sensors .....	37
Snježana FIRŠT ROGALE; Monika BENIĆ & Dubravko ROGALE Istraživanje otpornosti prolaska topline različitim kombinacijama muške odjeće Investigation of resistance to the passage of heat for different men's clothing combinations .....	43
Matija LUŠIČIĆ & Vesna Marija POTOČIĆ MATKOVIĆ Izrada kolekcije čarapa inspiriranih ornamentikom rokoka Design of socks collection inspired by rococo ornamention .....	49
Igor MAJNARIĆ; Srđan GRUBAČ; Ana SUTLOVIĆ & Martinia Ira GLOGAR Postojanost obojenja LED UV inkjet boje otisnute na pamučnu tkaninu Colour fastness of LED UV InkJet inks printed on cotton fabric .....	55
Slavenka PETRAK; Maja MAHNIĆ NAGLIĆ & Daniel PINTARIĆ Sinergija znanosti i poduzetništva-Inovativni razvoj profesionalnog ronilačkog odijela Synergy of science and entrepreneurship – innovative development of professional divig suit .....	62
Tihana DEKANIĆ; Lidia MARTINEZ MENENDEZ; Sandra FLINČEC GRGAC; Tanja PUŠIĆ & Anita TARBUK Postojanost vodo i ulje-odbojnih apretura na pamučnim tkaninama na uvjete održavanja Durability of water and oil repellent finish on cotton fabrics to maintance conditions .....	74
Iva MATIJEVIĆ; Antonela FULIR & Ana SUTLOVIĆ Primjena mikrokapsuliranih termokromnih bojila u dizajnu tekstila Application of microcapsulated thermochromic dyes in textile design .....	79



Željko PENAVA; Diana ŠIMIĆ PENAVA & Željko KNEZIĆ Mjerenje dinamičke promjene debljine tkanine kod djelovanja aksijalnog opterećenja Measuring the change of fabric dynamic thickness under axial load .....	85
--	----

## PREGLEDNI RADOVI / REVIEW PAPERS:

Paula IVŠAC & Ivana SALOPEK ČUBRIĆ Komparativna analiza promocije pređa na sajmovima i izložbama Comparative analysis of yarn promotion at fairs and exhibition .....	89
Ana PILIPOVIĆ, Mladen ŠERCER Aditivna proizvodnja i dizajn Additive manufacturing and design .....	93
Petra KRPAN Suvremeni modni dizajn i tehnologija: svjetlost i tijelo Contemporary fashion design and technology: illumination and the body .....	99
Jelena PERAN & Sanja ERCEGOVIĆ RAŽIĆ Primjena materijala s promjenom faze za postizanje termoregulacijskih svojstava tekstilnih materijala Application of phase change materials for achieving thermoregulation properties of textile materials .....	104

## STRUČNI RADOVI / PROFESSIONAL PAPERS:

Zenun SKENDERI; Dragana KOPITAR & Tomislav ČOLAKOVIĆ Temeljna fizikalno-mehanička svojstva prstenaste, rotorske i aerodinamičke pređe iz viskoznih vlakana Basic physical – mechanical properties of ring rotor and air – jet spun yarns from viscose fibres .....	110
Slavenka PETRAK; Nataša SEKULIĆ & Marina OREŠKOVIĆ FUMIĆ Dizajn i proizvodnja modne obuće na globalnoj razini - od ideje do gotovog proizvoda Design and production of fashion footwear at a global level – from idea to finished product .....	115
Paula MARASOVIĆ; Dragana KOPITAR & Beti ROGINA-CAR Netkani agrotekstil za poboljšanje klijavosti sjemena Nonwoven agrotextile for improving seed germination .....	120
Željka PAVLOVIĆ; Miloš LOZO & Zlatko VRLJIČAK Površinska deformacija čarapa prouzročena jednoosnim vlačnim opterećenjem Hosiery surface deformation caused by uniaxial tensile load .....	125
Anica HURSA ŠAJATOVIĆ; Matilda AĐIĆ IVANČIR & Irena ŠABARIĆ Dizajn mini kolekcije i izrada modela odjevnog predmeta inspiriranog transhumanizmom Design of mini collection and making of clothing item inspired by the transhumanism .....	131



Ana SUTLOVIĆ; Dora ŠTEFANEC; Ivana ILIČIĆ; Valerija LJUBIĆ; Katarina IVANIŠIN KARDUM  
Kreativnost – dio STEM radionica u promicanju kompetitivnosti iz tekstilnog tiska i bojanja tekstila  
Creativity – part of STEM workshop in promotion of competences in textile printing and textile dyeing

..... 136

Romana GREGANOVIĆ; Željko KNEZIĆ; Željko PENAVA; Agata VINČIĆ & Josip PETRIC  
Izrada replike muške narodne nošnje varaždinskog kraja  
Production of male folk costume replicas from Varaždin area..... 141

Suzana KUTNJAK-MRAVLINČIĆ & Ana SUTLOVIĆ  
Tenisica – cipela dvadesetog stoljeća  
Sneakers – shoes of the twentieth century..... 147

Jelena MARJANOVIĆ; Slavica BOGOVIĆ  
Konstrukcija i modeliranje funkcionalnog odijela za slobodni skok  
Construction and modelling of a wingsuit..... 153

Alica GRILEC KAURIĆ & Mia MARIĆ  
Marketinška komunikacija na primjeru uvođenja brenda Clox na hrvatsko tržište  
Marketing communication in the case of the introduction of Clox brand on the croatian market ..... 159

Ana Marija GRANCARIĆ, Aura MIHAI, Carmen ARIAS CASTELLANO, Carlos VAZ DE CARVALHO,  
Rosa AnA PÉREZ FRANCÉS, Rita SOUTO BIZARRO, Nikolaos BILALIS, Luminita ALBU7, Dimosthenis  
PAPAKONSTANTINOU  
Platforma znanja za prijenos istraživanja i inovacija u proizvodnju obuće  
Knowledge platform for transferring research and innovation in footwear manufacturing ..... 167

## POSTERI / POSTERS:

Poster prezentacije znanstvenih, preglednih i stručnih radova..... 170

## PREĐE U MEDICINI: ANALIZA VLAČNIH SVOJSTAVA KIRURŠKIH KONACA

## YARNS IN MEDICINE: ANALYSIS OF TENSILE PROPERTIES OF SURGICAL THREADS

Ivana SALOPEK ČUBRIĆ & Tea BADROV

**Sažetak:** U radu je prikazana analiza vlačnih svojstava kirurških konaca koji imaju široko područje primjene. Rezultati provedene analize ukazali su na značajne razlike u vrijednostima promatranih svojstava odabralih uzoraka kirurških konaca (primjerice, raspon prekidnog istezanja ispitanih kirurških konaca je 21-63 %, prekidne sile 38-66 N, a čvrstoće 23-45 cN/dtex). Također, pokazalo se da su dobivene vrijednosti svojstava u skladu s očekivanjima koja se postavljaju na pojedinu vrstu kirurškog konca, a u skladu s područjem primjene definiranim od strane proizvođača.

**Abstract:** This paper presents an analysis of the tensile properties of surgical threads having a wide range of applications. Results of the analysis indicated a significant difference in the values of the observed properties of selected surgical threads (for example, the range of breaking elongation is 21-63%, breaking force 38-66 N and tenacity 23-45 cN/dtex). Also, it was shown that the derived values of properties are in line with the expectations that are put on the particular type of surgical thread, and are in accordance with the scope defined by producer.

**Ključne riječi:** pređa, kirurški konac, vlačna svojstva, analiza, medicina

**Keywords:** yarn, surgical thread, tensile properties, analysis, medicine

### 1. Uvod

Važan i rastući dio tekstilne industrije čine materijali koji se koriste u medicinskom sektoru, te srodnim sektorima zdravstva i higijene. Opseg rasta uzrokovani je stalnim poboljšanjima i inovacijama kako u tekstilnoj tehnologiji, tako i u području medicine [1]. Tekstilni materijali i proizvodi koji su projektirani kako bi se zadovoljili posebne potrebe, pogodni su za brojne medicinske i kirurške primjene u kojima je potrebna kombinacija čvrstoće, savitljivosti, propusnosti vlage i zraka, kao i drugih specifičnih svojstava. Materijali koji se koriste uključuju monofilamentne i multifilamentne pređe, tkanine, pletiva, netkani tekstil i kompozite. Opseg primjena je iznimno širok, u rasponu od jedne niti kirurškog konca do složenih kompozitnih struktura za zamjenu kostiju, kao i od jednostavne maramice za čišćenje do naprednih barijernih tkanina koje se koriste u operacijskim dvoranama [1].

Najstariji primjer biomedicinskog teksta je kirurški konac. Kirurški konci koriste se za popravak oštećenih tkiva, rezanih žila i kirurških rezova [2]. Kirurški konci za zatvaranje rana su monofilamentne ili multifilamentne pređe koje su kategorizirane kao biorazgradive ili nerazgradive. Biorazgradivi kirurški konci koriste se uglavnom za unutarnje zatvaranje rana, a nerazgradivi kirurški konci koriste se za zatvaranje izloženih rana i uklanjuju se kada je rana dovoljno zacijelila [1]. Biokompatibilnost je od primarne važnosti kako bi tekstilni materijal bio prihvaćen od strane tijela. Naime, biokompatibilni materijali ne smiju biti kancerogeni ni toksični; ne smiju izazivati alergijske reakcije, te moraju biti stabilni tijekom postupka sterilizacije, tj. bez promjene fizičkih i kemijskih karakteristika. Prikaz tipičnih materijala koji se koriste za kirurške konce dan je u tablici 1.

**Tablica 1:** Materijali za kirurški konac [1]

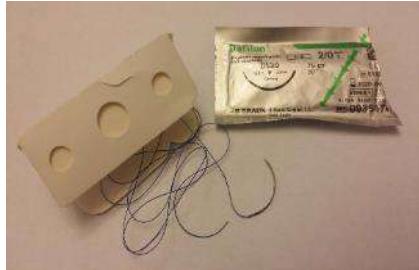
Tipični materijali za kirurški konac			
Upijajući		Neupijajući	
Prirodan	Umjetan	Prirodan	Umjetan
Katgut - običan katgut - kromni katgut Kolagen	Poliglikolna kiselina poliglaktinom polidioksanon poliglikonat	Svila Pamuk Lan	Najlon Metal Dacron Polipropilen PHDPE

## 2. Eksperimentalni dio

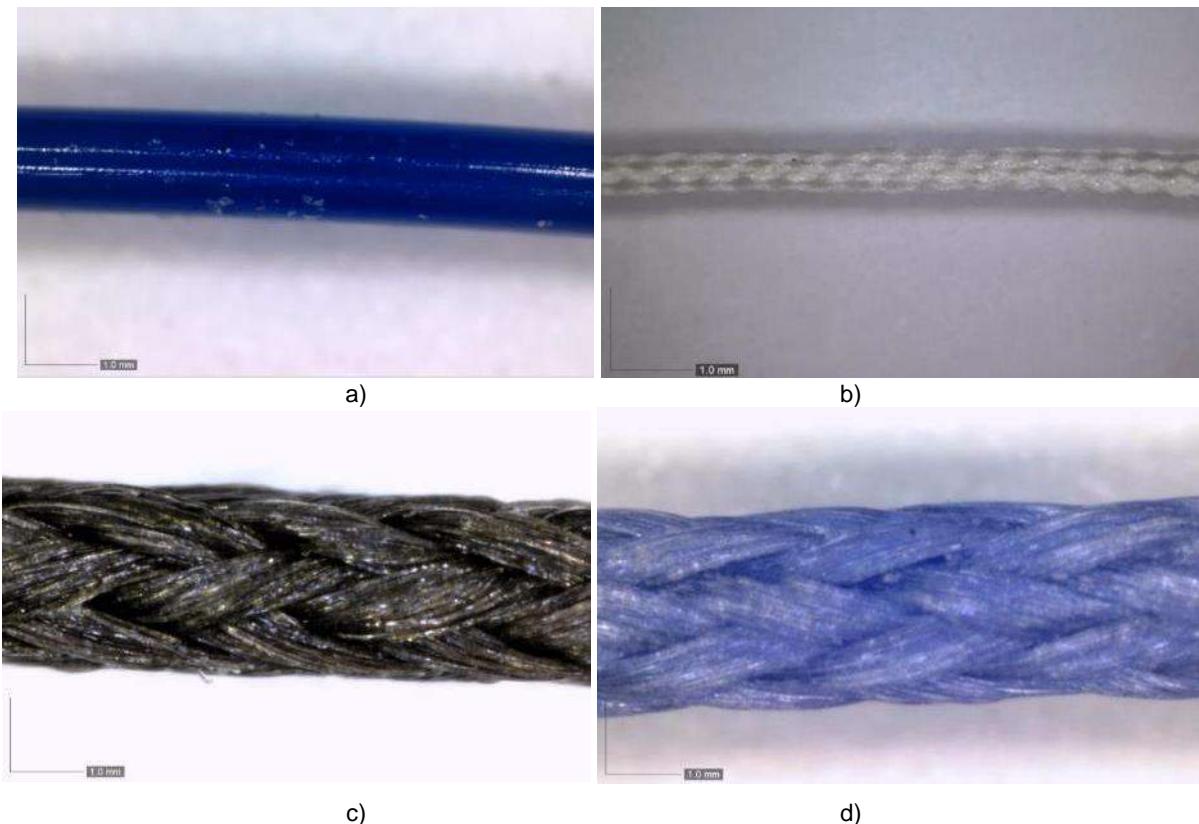
U Eksperimentalnom dijelu rada provedena su ispitivanja vlačnih svojstava različitih kirurških konaca koji se koriste u medicini i to za vrlo široka područja primjene. Za ispitivanje su odabrana četiri kirurška konca, od kojih dva resorptivna i dva neresorptivna, istog proizvođača.

Svojstva i područja primjene odabralih kirurških konaca prikazana su u tablici 2. Korišteni kirurški konci su označeni kraticama KK1, KK2, KK3 i KK4.

**Tablica 2:** Svojstva i područja primjene odabralih kirurških konaca [3]

Naziv	Fotografija	Opis kirurškog konca	Područja primjene
KK1		<p>Neresorptivni sintetički monofilamentni konac načinjen od poliamida 6/6.6</p> <p>Svojstva: savitljiv, lagan za upotrebu i vezivanje, lagano prolazi kroz tkivo bez zapinjanja, odlična histokompatibilnost</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ zatvaranje kože (intrakutano i subkutano),</li> <li>➤ plastična i rekonstruktivna kirurgija,</li> <li>➤ mikrokirurgija,</li> <li>➤ oftalmološka kirurgija</li> </ul>
KK2		<p>Brzo resorptivan, sintetički, pleteni, obloženi konac, izrađen od poliglikolne kiseline</p> <p>Svojstva: visoka inicijalna čvrstoća, predvidljiva i konstantna razgradnja, odlična sigurnost čvora, odlično rukovanje i brza masovna apsorpcija</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ginekologija/porodništvo (epiziotomija),</li> <li>➤ urologija,</li> <li>➤ oftalmologija (šivanje konjunktiva),</li> <li>➤ pedijatrija,</li> <li>➤ zatvaranje kože (intrakutano, subkutano),</li> <li>➤ ligature</li> </ul>
KK3		<p>Neresorptivni pleteni, obloženi konac izrađen iz prirodne svile.</p> <p>Svojstva: optimalna za indikacije gdje kirurška praksa koristi neresorptivne materijale</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ opća kirurgija,</li> <li>➤ oralna kirurgija, neurokirurgija</li> </ul>
KK4		<p>Srednje resorptivni, pleteni, obloženi kirurški konac</p> <p>Svojstva: glatko povlačenje čvora, laka repozicija čvora, visoka snaga držanja čvora, minimalna upalna reakcija</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ gastrointestinalna kirurgija,</li> <li>➤ ginekologija i porodništvo,</li> <li>➤ ortopedija,</li> <li>➤ oftalmološke operacije, urologija,</li> <li>➤ zatvaranje kože,</li> <li>➤ ligature</li> </ul>

Mikroskopske fotografije odabralih pređa snimljene su primjenom DinoLITE mikroskopa, te su prikazane na slici 1.



**Slika 1:** Mikroskopske fotografije kirurških konaca: a) KK1, b) KK2, c) KK3, c) KK4

Ispitivanje vlačnih svojstava kirurških konaca vršeno je na dinamometru Statimat M. Dinamometar je potpuno automatiziran, mikroprocesorski upravljan i radi po principu konstantne brzine istezanja. Duljina epruvete za ispitivanje iznosila je 50 mm. Brzina istezanja iznosila je 100 mm/min, a preopterećenje 0,50 cN/dtex.

### 3. Rezultati i rasprava

Rezultati ispitivanja svojstava kirurških konaca (srednje vrijednosti prekidne sile, prekidnog istezanja i čvrstoće) prikazani su u tablici 2.

**Tablica 2:** Rezultati ispitivanja svojstava kirurških konaca

Uzorak	Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
KK1	Prekidno istezanje [%]	63,40	17,87	28,18	41,34	81,21
	Prekidna sila [N]	38,64	7,44	19,24	28,93	46,02
	Rad do prekida [N · cm]	75,46	38,13	50,53	29,52	109,22
	Čvrstoća [cN/dtex]	41,54	7,99	19,24	31,11	49,48
KK2	Prekidno istezanje [%]	28,51	3,85	13,51	24,40	32,13
	Prekidna sila [N]	39,09	2,19	5,60	37,60	42,24
	Rad do prekida [N · cm]	33,38	5,04	15,11	28,49	40,33
	Čvrstoća [cN/dtex]	23,35	1,31	5,60	22,46	25,23
KK3	Prekidno istezanje [%]	21,86	6,50	29,73	15,04	30,64
	Prekidna sila [N]	66,61	9,04	13,58	55,70	77,07
	Rad do prekida [N · cm]	54,76	25,35	46,29	28,29	88,97
	Čvrstoća [cN/dtex]	33,11	4,50	13,58	27,69	38,31
KK4	Prekidno istezanje [%]	41,14	2,19	5,33	39,60	44,39

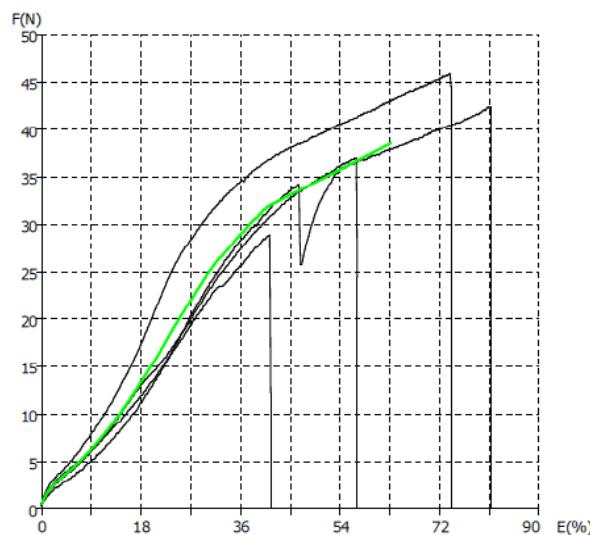
	Prekidna sila [N]	57,72	4,89	8,47	50,66	61,60
	Rad do prekida [N · cm]	70,26	7,51	10,69	60,75	78,82
	Čvrstoća [cN/dtex]	45,20	3,83	8,47	39,67	48,24

Dijagrami prekidna sila/prekidno istezanje ispitanih kirurških konaca dani su na slici 2.

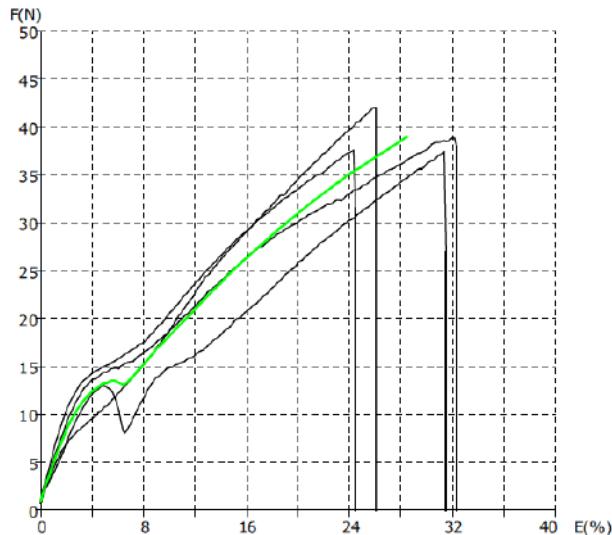
Na temelju provedenih ispitivanja vlačnih svojstava kirurških konaca, uočeno je sljedeće:

- Razlike u vrijednostima promatranih svojstava su značajne. Primjerice, raspon prekidnog istezanja ispitanih kirurških konaca je 21-63%, prekidne sile 38-66 N, a čvrstoće 23-45 cN/dtex;
- Uzorak KK3 ima najveću prekidnu силу (66,61 N), najmanje prekidno istezanje (21,86%), te najveći koeficijent varijacije prekidnog istezanja (29,73%);
- Uzorak KK1 ima najmanju prekidnu силу (38,46 N), najveći koeficijent varijacije prekidne sile (19,24 N), najveće prekidno istezanje (63,40%), najveći koeficijent varijacije rada do prekida (50,53 N · cm), te najveći koeficijent varijacije čvrstoće (19,24 cN/tex);
- Uzorak KK4 ima najveći rad do prekida (70,26 N · cm), te najveću čvrstoću (45,20 cN/tex);
- Uzorak KK2 ima najmanji rad do prekida (33,38 N · cm), te najmanju čvrstoću (23,35 cN/tex).

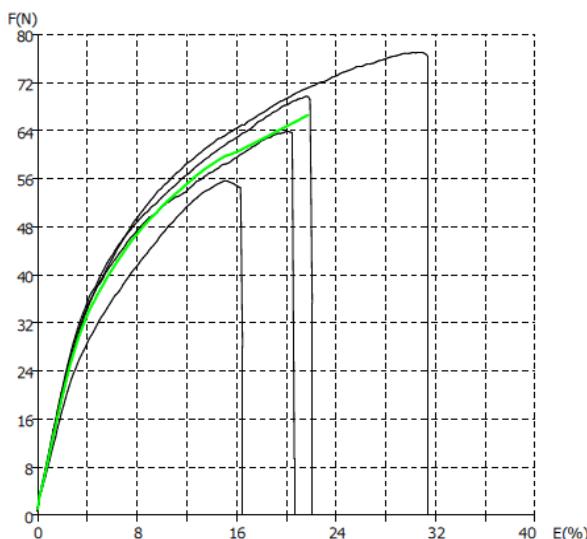
Uzorak KK3 je neresorptivni pleteni, obloženi konac izrađen od vlakana prirodne svile. Iz rezultata ispitivanja uočava se da ovaj kirurški konac ima najveću prekidnu силу, uz najmanje prekidno istezanje, što ga čini pogodnim za svoju primjenu (navedenu u tablici 2), jer takav proizvod čvrsto drži šav. Navedeni se uzorak obično primjenjuje u indikacijama gdje kirurška praksa koristi neresorptivne materijale (npr. šivanje kože). Uzorak KK1 je neresorptivni sintetički monofilamentni kirurški konac načinjen od polimera poliamida. Iz rezultata se uočava da ovaj kirurški konac ima najmanju prekidnu силу, a najveće prekidno istezanje što ga čini pogodnim za zatvaranje površinskih rana i primjenu u plastičnoj kirurgiji, jer šav napravljen korištenjem ovog tipa konca neće biti krut. Uzorak KK4 je srednje resorptivni, pleteni, obloženi kirurški konac izrađen iz poliglikolne kiseline. Ima najveći rad do prekida i najveću čvrstoću, što ga čini prigodnim za šivanje mišića jer je mišić aktivan, te šav treba biti čvrst i u stanju izdržati fizičke zahtjeve mišića, kao i konstantno djelovanje određene sile. Uzorak KK2 je brzo resorptivan, sintetički, pleteni, obloženi konac, izrađen iz poliglikolne kiseline niske molekularne težine. Ima najmanju čvrstoću i najmanji rad do prekida, no njegova ključna karakteristika je brza i masovna apsorpcija, jer se primjenjuje kod masnog tkiva i potkože gdje čvrstoća nije toliko bitna iz razloga što nema značajnih naprezanja šavova.



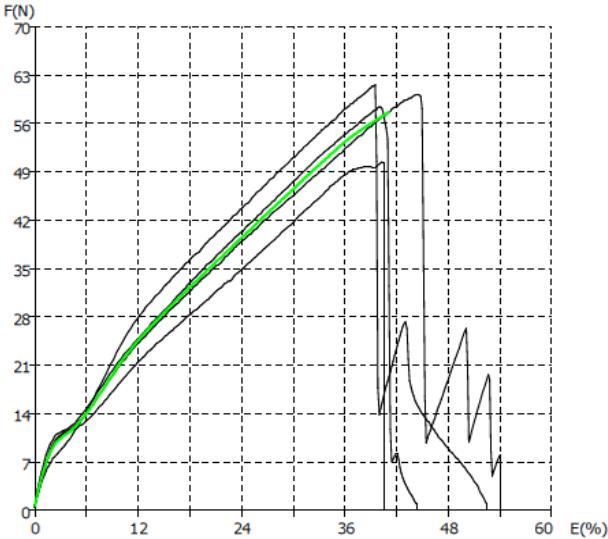
a)



b)



b)



d)

Slika 2: Dijagrami prekidna sila/prekidno istezanje kirurških konaca: a) KK1, b) KK2, c) KK3, d) KK4

#### 4. Zaključak

Rezultati provedene analize vlačnih svojstava kirurških konaca ukazali su na značajne razlike u vrijednostima promatranih svojstava odabralih uzoraka kirurških konaca (raspon prekidnog istezanja ispitanih kirurških konaca je 21-63 %, prekidne sile 38-66 N, a čvrstoće 23-45 cN/dtex). Također, pokazalo se da su dobivene vrijednosti svojstava u skladu s očekivanjima koja se postavljaju na pojedinu vrstu kirurškog konca, a u skladu s područjem primjene definiranim od strane proizvođača.

#### Literatura

- [1] Rigby A., Anand S. C.: Medical textiles, *Handbook of technical textiles*, Woodhead Publishing, 2000., ISBN: 978-1-85573-385-5
- [2] K. Tuzlakoglu, Rui L. Reis: Processing and Biomedical Applications of Degradable Polymeric Fibers, *Biodegradable systems in tissue engineering and regenerative medicine*, CRC Press, 2005.
- [3] B Braun: Kirurški konci, *Dostupno na: <http://www.bbraun.hr/>*, Pristupljeno 30.5.2016.

#### Autorice:

Doc. dr. sc. Ivana Salopek Čubrić, dipl. inž.  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10 000 Zagreb  
Tel: 00385 1 37 12 573

E-mail: ivana.salopek@ttf.hr

Tea BADROV  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb  
Tel: 00385 958487647

E-mail: tea.badrov@hotmail.com

## UTJECAJ PREDOBRADE NA DIZAJN ODJEVNIH PREDMETA

### THE INFLUENCE OF ENZYMATIC PRETREATMENT ON APPAREL DESIGN

Petra BAGARIĆ; Jose M. CANAL; Katia GRGIĆ & Anita TARBUK

**Sažetak:** Enzimatske obrade pletiva doprinose boljem opipu i udobnosti, te je u ovom radu istražen utjecaj predobrade na učinkovitost naknadnih procesa. Nakon predobrade osmišljeno je nekoliko kreacija iz predobrađenog i oplemenjenog pletiva kao materijala prikladnog za izradu gornjih odjevnih predmeta. Modeli su nastali kao inspiracija za jednostavne odjevne predmete, koji su mogu koristiti za svaki dan, za različite prigode i za različite generacijske uzraste. U svrhu istraživanja utjecaja procesnih parametara u iskuhavanju, sirovo pamučno pletivo je temeljito oprano, bio-iskuhano neutralnom pektinazom, alkalno iskuhanje, kemijski bijeljeno vodikovim peroksidom, te bojadisano baznim bojilom zelenog tona. Učinci iskuhavanja su praćeni kroz stupanj polimerizacije, hidrofilnost, stupanj bjeline, opip te dubinu obojenja.

**Abstract:** Enzymatic processing contributes to a better touch and comfort of knitted fabrics. Therefore, in this paper, the influence of pretreatment time to process efficiency was researched. After pretreatment, few creations were designed from such knitted fabric as a material for lightweight jacket, coat or poncho. Models were created with an inspiration for everyday clothes, for different occasions and all generations. For the purpose of researching the influence of process parameters to the scouring efficiency, raw cotton knitted fabric was thoroughly washed, bio-scoured with neutral pectinase, alkali scoured, chemically bleached with hydrogen peroxide, and dyed with basic green dyestuff. The efficiency was monitored through the degree of polymerization, hydrophilicity, whiteness degree, fabric hand and depth in color.

**Ključne riječi:** Pektinaza, stupanj polimerizacije, pletivo, dizajn gornjih odjevnih predmeta

**Keywords:** Pectinase, degree of polymerization, knit fabric, design of apparel

#### 1. Uvod

Zbog sve većeg zahtjeva tekstilne industrije za smanjenjem zagađenja, upotreba enzima u kemijskoj obradi vlakana i tekstila dobiva sve šire priznanje zbog svojih ne toksičnih i eko-prijateljskih karakteristika. Sve je veća potražnja za zamjenu tradicionalnih kemijskih procesa s biotehnološkim procesima koji uključuju mikroorganizme i enzime, primjerice: pektinaze koje razgrađuju pektin, proteaze razgrađuju bjelančevine, celulaze razgrađuju celulozu, lipaze razdvajaju masti u glicerol i masne kiseline, te amilaze koje razgrađuju škrob u jednostavne šećere i dr. [1-6].

Budući da se bio-iskuhavanjem neutralnim pektinazama troši se manje energije, značajno manja količina vode i ne zahtjeva dodatno pročišćavanje otpadnih voda, u ovom radu istražen je utjecaj procesnih parametara na učinkovitost procesa iskuhavanja. Korištene su neutralne pektinaze pri dva različita vremena iskuhavanja, kako bi ispitati da li oni utječu na aktivnost enzima, i daljnje obrade tekstila. Uzorci pamučnog pletiva su potom bijeljeni i bojadisani, nakon čega je izrađena likovna mapa s radovima iz kojih se vidi moguća primjena ovako obrađenog pletiva.

#### 2. Eksperimentalni dio

Ispitivanja su provedena na sirovom pamučnom pletivu u interlok prepletu, površinske mase 184,4 g/m<sup>2</sup>, horizontalna gustoća 28 oč/cm a vertikalna 26 oč/cm. Pletivo je oprano na 90 °C, 30 min u Polymat uređaju u kupelji koja sadrži 0,5 g/l Kieralon OLC (BASF), neionski tenzid s jakim svojstvom dispergiranja i emulgiranja. Alkalno je iskuhanje na 100 °C, 45 min u Polymat uređaju u sljedećoj kupelji: 1 g/l Felosan NFG – neionski tenzid, 10 g/l Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 5 g/l 50 % NaOH. Pamučno pletivo je bio-iskuhano je u Polymat uređaju u kupelji s 3 % na m.m. Beisol PRO (CHT/Bezema) – neutralna pektinaza, 1 g/l Felosan NFG (CHT/Bezema) – neionski tenzid, sredstvo za pranje, kvašenje i emulgiranje te 2,5 g/l Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>. Bio-iskuhavanje je provedeno na 55 °C u vremenu aktivnog djelovanja enzima 15 ili 30 min. Potom je povišena temperatura na 85 °C kako bi se deaktiviralo djelovanje enzima, nakon čega slijedi ispiranje 10 min na 85°C, te 10 min na sobnoj temperaturi. Kemijsko bijeljenje je provedeno u aparatu Mathis u kupelji sastava: 5 ml/l H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (35%), 1 g/l NaOH, 1 ml/l Tinoclarit CBB - organski stabilizator, 3 ml/l vodeno staklo (smjesa Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - anorganski

stabilizator, 0,1 ml/l Fumexol DF - regulator pjene, 2 ml/l Invatex MD – sekvestrant uz OK 1:10 pri 90 °C u vremenu trajanju 60 min. Nakon predobrade, pletivo je isprano u vreloj, mlakoj i hladnoj vodi, neutralizirano s 1,5 % octenom kiselinom, isprano te osušeno na zraku.

Pamučna pletiva su bojadisana baznim bojilom 3 % na m.m. C.I. Basic Green 4 (tab.1) na 90 °C u Polymat uređaju u trajanju 60 min pri pH 5. Nakon bojadisanja uzorci su temeljito oprani.

**Tablica 1:** Svojstva i kemijska konstitucija bojila C.I. Basic Green 4

Verde Malaqita 110 % Malachite Green C.I. Basic Green 4, C.I.42000 $\lambda_{\max} = 617 \text{ nm}$ Kromogen: triarilmetansko	$\text{Chemical structure of C.I. Basic Green 4: } (\text{H}_3\text{C})_2\text{N}-\text{C}_6\text{H}_3(\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{N}^+(\text{CH}_3)_2)\text{C}_6\text{H}_3)-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{N}^+(\text{CH}_3)_2)\text{C}_6\text{H}_3-\text{Cl}^-$
---	--

Nakon predobrade određen je stupanj polimerizacije, DP prema DIN 54270-3:1977 u kapilarnom viskozimetru po Ubbelholde- u. Hidrofilnost pletiva određena je mjerjenjem brzine porasta stupca vode prema švicarskom standardu SNV 98581, tzv. vertikalna metoda. Mjereno je vrijeme za visinu stupca od 1 cm i 10 cm.

Mjerjenje spektralnih karakteristika provedeno je na remisijskom spektrofotometru Spectraflash SF 600 PLUS-CT, tt. Datacolor. Stupanj bjeline prema CIE ( $W_{\text{CIE}}$ ) je automatski izračunat prema ISO 105-J02:1997. Iz remisije, nakon bojadisanja, izračunata je dubina obojenja (K/S).

Provadena je subjektivna procjena tekstilnog materijala prema osjećaju dodira metodom određivanja opipa prema smjernicama propisanim u AATCC EP 5:2007.

### 3. Rezultati s raspravom

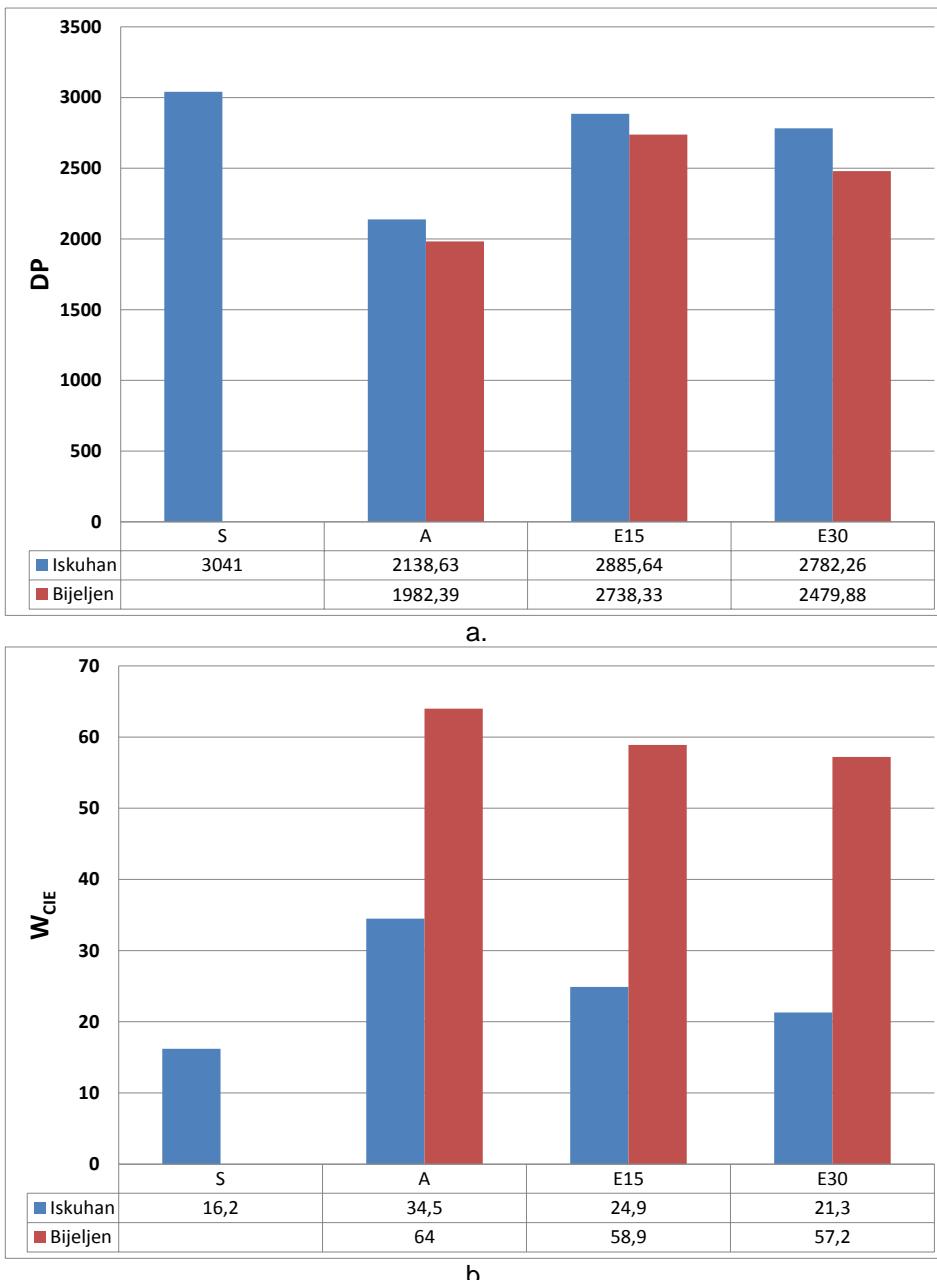
Pamučno pletivo je oprano, bio-iskuhano neutralnom pektinazom, alkalno iskuhan, kemijski bijeljeno vodikovim peroksidom, te bojadisano baznim bojilom zelenog tona. Učinci iskuhavanja su praćeni kroz stupanj polimerizacije (sl.1a), hidrofilnost (tab.2), stupanj bjeline (sl.1b), opip (tab.3) i dubinu obojenja (sl.2), te je dano idejno rješenje za realizaciju modela iz ovih pletiva (sl.3).

**Tablica 2.** Određivanje hidrofilnosti metodom prodora kapljevine „vertikalni test“ iskuhanih i bijeljenih pletiva

Uzorak	Iskuhan		Bijeljen	
	$t_{1\text{cm}} [\text{s}]$	$t_{10\text{cm}}$	$t_{1\text{cm}} [\text{s}]$	$t_{10\text{cm}}$
S (sirov)	-	-	-	-
A (alkalno iskuhan)	1,94	3:29,79	1,51	2:53,48
E15 (enzimatski iskuhan 15 min)	1,86	3:43,46	0,97	3:00,05
E30 (enzimatski iskuhan 30 min)	2,55	3:44,13	1,30	3:18,14

Sa sl.1b vidljivo je uklanjanjem primjesa kao što su voskovi, masti, pektini i drugo dolazi do povećanja bjeline u postupku iskuhavanja. Pektinaze razgrađuju samo pektin, te je stupanj bjeline prema CIE kod enzimatski iskuhanih pletiva ( $W_{\text{CIE}}$  s 16 na 25) niži nego u alkalno iskuhanog pletiva ( $W_{\text{CIE}}$  35). Bijeljenjem u peroksidnoj kupelji uklanaju se pigmenti pri čemu se pamučno pletivo izbijeli. Valja istaknuti da se nakon procesa kemijskog bijeljenja, koji uobičajeno prethodi svim dalnjim postupcima oplemenjivanja, bjelina pletiva ujednačava bez obzira na način iskuhavanja koji mu prethodi.

Kako oštećenje uzrokovano iskuhavanjem dolazi do izražaja u procesu bijeljenja, istražen je stupanj polimerizacije celuloze na iskuhanim i bijeljenim pamučnim pletivima i uspoređen sa sirovim pletivom. Iz rezultata prikazanih na sl.1a vidljivo je da je alkalnim iskuhavanjem došlo do skraćivanja celuloznog lanca za 30 % (s DP 3041 na 2138), a dalnjim bijeljenjem još za 4 % (na DP 1982). S druge strane, bio-iskuhavnjem je DP smanjen za svega 5-7 % (DP 2885/2782). Dalnjim bijeljenjem bio-iskuhanih vidljiv je sličan trend, no DP se smanjuje za 8-19 % (DP 2738/2479).



**Slika 1:** Stupanj a. polimerizacije (DP), b. bjeline prema CIE ( $W_{CIE}$ ) sirovog, alkalno i bio-iskuhanih pamučnih pletiva nakon iskuhavanja i bijeljenja

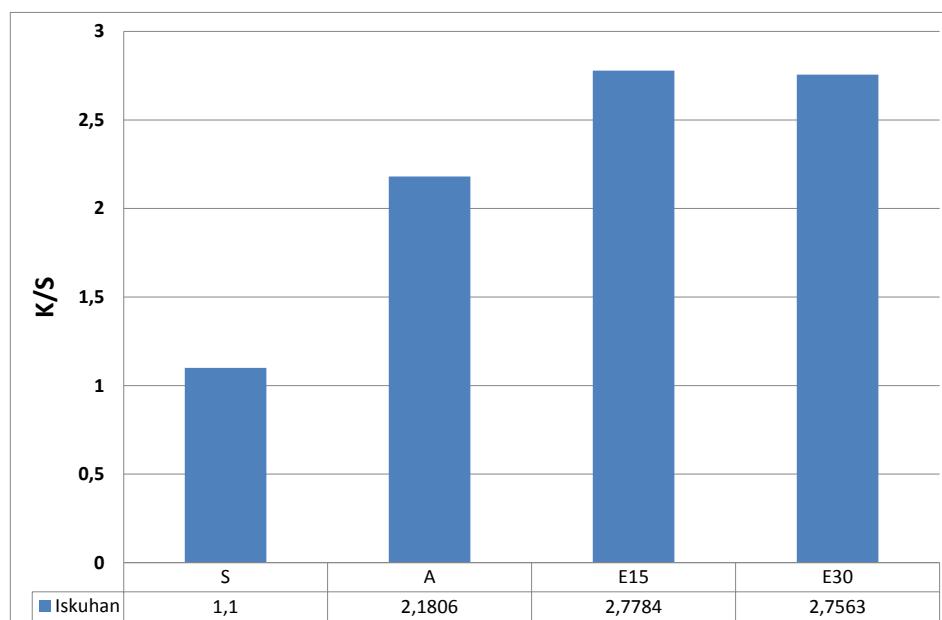
Obzirom da nije došlo do značajnijeg oštećenja bio-iskuhanih uzoraka, istražena je njihova hidrofilnost. Iz rezultata je vidljivo da alkalno iskuhan uzorak ima najbolju hidrofilnost. Razlog tomu može biti potpuno uklanjanje primjesa, ali i najveće oštećenje. Rezultati vertikalnog kapilarnog testa pokazuju da se nakon procesa bijeljenja adsorptivnost svih pletiva relativno izjednačava (vrijeme prodora oko 1 s, a za stupac visine 10 cm oko 3 min). Vidljivo je da sličnu hidrofilnost pokazuju alkalno iskuhan pletivo (A) i bio-iskuhano aktivnim djelovanjem enzima u vremenu 15 min (E15).

Opip materijala je važna estetska karakteristika i karakteristika udobnosti, koja ukazuje na kvalitetu materijala. Iz rezultata subjektivne procjene opipa sirovog, alkalno i bio-iskuhanih pamučnih pletiva nakon iskuhavanja i bijeljenja (tab.3) vidljivo je da bolji opip imaju enzimatski iskuhana pletiva. Razlog tomu je što tijekom procesa bio-iskuhavanja pektinazama razgrađuje samo pektin, pa na pamuku ostaje određena količina voskova radi kojih materijal zadržava mehani opip. Osim toga, za razliku od alkalanog, provodi se u blažim uvjetima pa nema negativan utjecaj na morfologiju pamučnog vlakna, pa površina ostaje glatka čak i nakon kemijskog bijeljenja.

**Tablica 3:** Subjektivna procjena opipa sirovog, alkalno i bio-iskuhanih pamučnih pletiva nakon iskuhavanja i bijeljenja

Uzorak		Kompresija	Savitljivost	Smicanje	Površina
Iskuhan	S	mekan	savitljiv	čvrst	glatka
	A	malo grub	savitljiv	čvrst	malo hrapava
	E15	mekan	savitljiv	čvrst	glatka
	E30	mekan	savitljiv	čvrst	glatka
Bijeljen	A	malo grub	savitljiv	čvrst	hrapava
	E15	mekan	savitljiv	čvrst	glatka
	E30	mekan	savitljiv	čvrst	glatka

Kako bi se utvrdila adsorptivnost pletiva su nakon iskuhavanja bojadisana sa baznim bojilom C.I. Basic Green 4. Iz rezultata prikazanih na sl.2 je vidljivo da nema značajnije razlike u dubini obojenja (K/S) obzirom na vrijeme djelovanja enzima. Vidljivo je jedino da je dubina obojenja kod enzimatski iskuhanih uzoraka veća nego kod alkalno iskuhanih, što ukazuje na nešto negativniju površinu bio-iskuhanih pamuka.



**Slika 2:** Dubina obojenja (K/S) pamučnih pletiva bojadisanih baznim bojilom CI Basic Green 4

Nakon što je istražen je opip, kao važna karakteristika udobnosti, kao i boja pletiva nakon predobrade i bojadisanja, oslikano je nekoliko kreacija, kao moguća ideja realizacije enzimatski predobrađenog pletiva pektinazom u vremenu 15 min (E15). Pletivo je zamišljeno kao mogući iskoristiv materijal za lagane jakne, kapute ili ponča (sl.3). Modeli su nastali kao inspiracija za jednostavnim odjevnim predmetima, koji su mogu koristiti za svaki dan, za različite prigode i za različite generacijske uzraste.

Prva dva modela su jednostavne, ali i vizualno zanimljive jakne s velikim džepovima. Jakna s lijeve strane nastala je kao model u kojem su džepovi i unutarnja strana obojani baznim bojilom zelenog tona, a ostatak je ostavljen u boji pletiva nakon procesa iskuhavanja. Jakna s desne strane isti je model, drugačijih boja. Vanjska strana zamišljena je u bijeloj boji nakon kemijskog bijeljenja dok su unutarnja strana i džepovi ostavljeni u boji pletiva nakon iskuhavanja.

Sljedeća dva modela, prikazuju modele ponča, koji su također nastali kao potreba da se spoji estetsko, praktično i udobno. Model s lijeve strane ostavljen je u prirodnoj boji sirovog pletiva, a rub ponča obojan je baznim bojilom zelenog tona. Model s desne strane osmišljen je tako da je obojan u svjetlij ton, a rubovi u tamniji ton baznog bojila zelenog tona.

Zadnja dva modela su kaputi. S lijeve strane je kaput koji kombinira dvije boje. Kombinacije boja su prirodna boja pletiva (blago žućkasta) koju smo dobili nakon iskuhavanja i obojani dio, koji smo dobili nakon bojadisanja

pletiva. Model s desne strane ostavljen je u prirodnoj boji pletiva, blago žućkastoj, s bijelim džepovima koji su dobiveni nakon procesa bijeljena.



**Slika 3:** Modeli a. jakne, b. ponča, c. kaputa

#### 4. Zaključak

Iz ovih jednostavnih modela vidljivo je da se uz pomoć jednog odjevnog predmeta može osvježiti svakodnevna kombinacija, koja je ujedno zanimljiva, praktična i udobna.

Bio-iskuhavanjem nisu uklonjeni masti i voskovi u potpunosti, te je pletivom nešto nižeg stupnja bjeline i hidrofilnosti u odnosu na alkalno iskuhanje, ali značajno boljeg opipa. S druge strane, boljem kvašenju može biti uzrok i oštećenje pletiva u alkalnom iskuhanju. Kemijskim bijeljenjem, koje je sljedeća faza oplemenjivanja, sva pletiva pokazuju slična svojstva, uključujući i bojadisarska, te je za zaključiti da je enzimatski postupak jednako učinkoviti i ekološki prihvatljiv.

#### Literatura

- [1] Mojsov, K.: Enzyme Scouring of Cotton Fabrics: A Review, *International Journal of Marketing and Technology* **2** (2012) 9, str. 256-275, ISSN 2249-1058.
- [2] Bischof Vukušić S. i sur.: Enzimi u oplemenjivanju i pranju tekstila, *Tekstil* **43** (1994) 3, str. 136-143, ISSN 0492-5882.
- [3] Araujo R., Casal M., Cavaco-Paulo A.: Application of enzymes for textile fibre processing, *Biocatalysis and Biotransformation* **26** (2008) 5, str. 332-349 ISSN 1029-2446.
- [4] Pušić, T.; A. Tarbuk, T. Dekanić. Bio-innovation in cotton scouring - acid and neutral pectinases. *Fibres & textiles in Eastern Europe.* **23** (109) (2015) 1; str. 98-103 ISSN 1230-3666.
- [5] Tarbuk A., Pušić T., Jukić M.: Optimiranje postupka iskuhanja pamučne tkanine kiselim i neutralnim pektinazama; *Tekstil* **62** (2013) 7-8, str.279-283, ISSN 0492-5882.

#### Zahvala

*The work has been supported by Croatian Science Foundation under the project 9967 Advanced textile materials by targeted surface modification. The authors would like to acknowledge the ERASMUS+ mobility programme for students.*

#### Autori:

Petra BAGARIĆ, mag. ing. text. tech.; Katia GRGIĆ, dipl. ing.; Doc. dr. sc. Anita TARBUK  
Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb, Croatia  
Tel: ++385 1 48 77 358 Fax: ++385 1 48 77 358  
++385 1 48 77 353

E-mail: anita.tarbuk@ttf.hr  
katia.grgic@ttf.hr  
petrabagaric3@gmail.com

Prof. dr. sc. Josep Maria CANAL  
Politecnical University of Catalonia, Terrassa School of Industrial, Aerospace and Audiovisual Engineering  
Terrassa Campus, C. Colom, 1 08222 Terrassa, Spain  
Phone: +34 93 7398249 Fax: +34 93 7398225  
E-mail: canal@etp.upc.edu

## SIMULTANI KONTRAST KAO ELEMENT DIZAJNA

## SIMULTANEOUS CONTRAST AS DESIGN EFFECT

Nikolina DRAGOJEVIĆ; Martinia Ira GLOGAR & Koraljka KOVAČ DUGANDŽIĆ

**Sažetak:** U radu je prikazana izrada dizajna temeljena na fenomenu simultanog kontrasta, kao jednog od osnovnih svojstava vizualne percepције. Efekt simultanog kontrasta specifičan je za umjetnost mnogih autora, ponavljajuće ikone „pop“ kulture 60-ih godina 20. stoljeća Andya Warhol-a, na čijem radu se temelji inspiracija prikazanih uzoraka te korištenih tehniku prilikom izrade likovnih predložaka i realiziranih uzoraka. Likovni predlošci prikazani u radu izrađeni su računalno, a realizirani uzorci na tekstilnim podlogama izrađeni su tehnikom pigmentnog sitotiska. Likovni motiv prikazan u radu, kreiran je od ponavljajućih nizova riječi OK, specifičnih POP ART karakteristika, a kolorit i kombinacije boja definirane su na principima simultanog kontrasta. Simultani kontrast podrazumijeva pojavu pri kojoj dvije susjedne boje ili boje koje se nalaze jedna na drugoj (pozadinsko i dominantno obojenje) međusobno djeluju jedna na drugu i dolazi do prividne promjene u tonu i briljantnosti obojenja. Provedena je analiza kromatskih odnosa boja s aspekta simultanog kontrasta ali i s aspekata dva fenomena koji se definiraju kao podvrste simultanog kontrasta, a to su indukcija boje i asimilacija boje.

**Abstract:** The work described in this paper aims to illustrate design based on phenomenon of simultaneous contrast, as one of the basic characteristics of visual perception. The usage of simultaneous contrast is specific in artwork of numerous famous authors, but most of all in artwork of „pop“ culture icon of the „1960s“, Andy Warhol, whose work inspired the creation and technique of realisation of samples showed in this paper. Design showed in this work has been created using computer software and for realisation of textile samples the technique of pigment screen printing has been chosen. The motive showed in this paper has been created as series of a word OK, with specific POP ART characteristics, while the colour scheme and colour combinations were based on simultaneous contrast phenomena. Simultaneous contrast implicit the optic phenomena when two colours, side by side or one on top the other (background and dominant colour), interact with one another and change our perception of the colours accordingly. The analyses of chromatic relations of colours has been performed, from the aspect of simultaneous contrast as well as the phenomenon of colour induction and colour assimilation, being variations of simultaneous contrast.

**Ključne riječi:** Simultani kontrast, kromatski odnosi boje, pop art, tekstilni sitotisak

**Keywords:** Simultaneous contrast, chromatic colour relations, pop art, textile screen printing

### 1. Uvod

Simultani kontrast jedno je od osnovnih svojstava čovjekove vizualne percepцијe i može se manifestirati kao vizualna promjena u tonu, svjetlini ili zasićenosti boja koje stoje jedna uz drugu ili su združene u odnosu pozadinskog i dominantnog obojenja [1]. Jedna od karakterističnih pojava simultanog kontrasta je privid komplementarnog odnosa boja. Naime, prema Heringovoj teoriji vizualizacije, čovjekov vizualni sustav ima urođenu potrebu za komplementarnom ravnotežom, što znači da ljudsko oko u procesu vizualizacije nesvesno pretražuje višebojne prikaze ili, općenito, okolinu, registrirajući komplementarne odnose među bojama. Ukoliko odnos komplementara nije uravnotežen, oko će samo stvoriti privid komplementarnosti stvarajući optički fenomen promjene tona boje. Tako će u procesu vizualizacije višebojnog prikaza u kojem prevladavaju, primjerice, crveni tonovi, promatračevo oko stvoriti iluziju promjene okolnih boja prema komplementaru – zelenoj. No, ovo je samo jedan od mnogih aspekata simultanog kontrasta koji se može očitovati i kroz srodne fenomene – indukciju i asimilaciju boje. Indukcija boje podrazumijeva efekt pojačavanja briljantnosti boje ovisno o utjecaju podloge, bez vizualnih promjena u samom tonu boje, dok asimilacija boje podrazumijeva vizualnu promjenu tona boje ali ne s aspekta komplementarnosti već analognog odnosa. Primjerice crvena okružena plavom vizualno će poprimiti plavkastu tj. ljubičastu nijansu dok će ista crvena okružena žutom, poprimiti crveno narančastu nijansu tona boje [2-5]. Razumijevanje odnosa boja i njihov utjecaj na proces vizualizacije, ključno je u likovnoj umjetnosti. Intelektualno istraživanje boje kao likovnog medija i prihvaćanje teoretskih postavki iz područja znanosti o boji temelj su rada najvećih likovnih umjetnika kroz povijest, kao što su Leonardo da Vinci, Dürer, Grünewald. Josef Albers, njemački likovni umjetnik i pedagog u području likovnosti tvrdio je da simultani kontrast nije samo zanimljiv vizualni fenomen već da je on sama srž, samo srce slikarstva. Danas, zahvaljujući napretku tehnologije, postoje mnoge objektivne metode karakterizacije

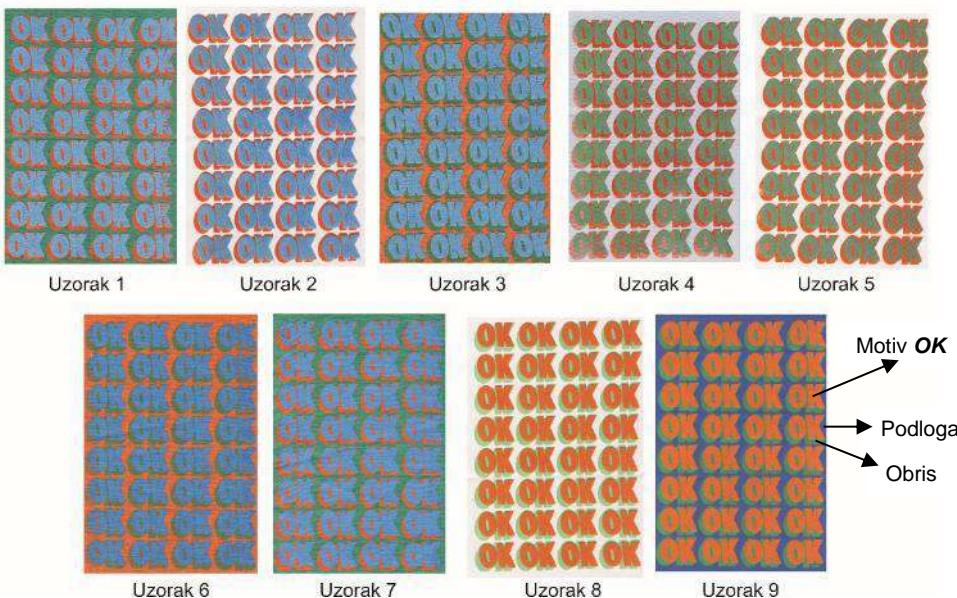
boje, koje se koriste kao alati usklađivanja boja te postizanja harmonijskih i kontrastnih odnosa među bojama u svim aspektima likovnosti i dizajna. Efekt simultanog kontrasta specifičan je za umjetnost mnogih autora, no ponajviše ikone „pop“ kulture 60-ih godina 20. stoljeća, Andya Warhol-a, na čijem radu se temelji inspiracija uzoraka prikazanih u radu te korištenih tehnika prilikom izrade likovnih predložaka i realiziranih uzoraka. Likovni predlošci prikazani u radu izrađeni su računalno, a realizirani uzorci na tekstilnim podlogama izrađeni su tehnikom ručnog pigmentnog sitotiska. Likovni motiv prikazan u radu, kreiran je od ponavljajućih nizova riječi OK, specifičnih POP ART karakteristika, a kolorit i kombinacije boja definirane su na principima simultanog kontrasta.

## 2. Eksperimentalni dio

Na temelju predloška prikazanog na slici 1., izrađene su ravne šablone za sitotisak te su tehnikom pigmentnog pokrivnog i pigmentnog bubrećeg tiska pripremljeni uzorci na tekstilnim podlogama (Slika 2). Kao tekstilne podlove izabrane su tkanine sirovinskog sastava 100% pamuk, bijelog, narančastog, zelenog i plavog tona boje. Tiskarske paste pripremljene su s industrijski pripremljenim, gotovim bazama za pigmentni pokrivni i pigmentni bubreći tisak, švicarskog proizvođača *CHT Bezema*.



Slika 1: Likovni predložak



Slika 2: Uzorci realizirani sito tiskom na tekstilnim podlogama

Nakon tiskanja i sušenja, uzorci su svrstani u skupine obzirom na kombinaciju boje podlove i boje otiska. Skupina 1 - uzorci 1, 2 i 3; skupina 2 – uzorci 4 i 5; skupina 3 – uzorci 6 i 7; skupina 4 – uzorci 8 i 9. Uzorke unutar svake pojedine skupine karakterizira otisk osnovnog elementa – riječi OK tiskarskom pastom identičnog sastava i identičnog tona boje. Za svaku skupinu uzoraka provedena je objektivna (spektrofotometrijska) analiza odnosa boje podlove i boje otisnutog motiva te usporedba s vizualnim doživljajem istog odnosa, a s ciljem istraživanja efekata asimilacije i indukcije boje te simultanog kontrasta.

U radu je provedena subjektivna analiza uzoraka temeljena na vizualnom doživljaju i boje uzoraka. Definirana je grupa od 20 ispitiča starosne dobi 20 – 25 godina. Prema vlastitom subjektivnom doživljaju, svaki ispitič bilježio je doživljaj promjene boje motiva OK u ovisnosti od boje obrisa i boje podlove. Doživljaj promatrača iskazan je kao promjena svjetline, zasićenosti ili tona u ovisnosti o navedenim pozadinskim obojenjima.

Objektivno vrednovanje boje uzoraka provedeno je spektrofotometrijski, remisijskim spektrofotometrom tvrtke DataColor 600+CT, D<sub>65</sub>, d/8°. Na temelju dobivenih vrijednosti parametara boja (L\*, C\*, h, a\*, b\*) provedena je usporedba boje otisnutog motiva OK, unutar pojedine skupine uzoraka, s ciljem definiranja ukupne razlike u boji, dE, kao i razlika u pojedinačnim parametrima boje, dC\*, dL\* i dh. Rezultati dobivenih razlika u boji prikazani su u Tablici 1.

### 3. Rezultati i rasprava

U korištenju boje kao elementa dizajna jedna od ključnih jest vještina upravljanja kontrastima boja. Razumijevanje prirode boje i činjenice da svaka boja ima svoju vlastitu spektralnu karakteristiku i specifičnost, esencijalno je u području djelovanja bojom bilo da se radi o likovnim umjetnostima, dizajnu, grafici, komunikacijama i sl. Specifičnost svake boje ogleda se kroz njene alteracije u zasićenosti i svjetlini te načinu međudjelovanja s drugim bojama. Johannes Itten je rekao: „Tko želi u potpunosti ovladati razumijevanjem boje, mora vidjeti, osjećati i doživljavati svaku pojedinu boju u njenim nebrojenim kombinacijama i odnosima s ostalim bojama“. Vizualna percepcija boje definirana je, ne samo karakteristikama pojedine boje već konstantnim međudjelovanjem svih boja u čovjekovom okruženju i vidnom polju. Analiza u ovom radu provedena je s ciljem istraživanja simultanog kontrasta te asimilacije i indukcije boje kao fenomena srodnih simultanom kontrastu. Ispitivanje je provedeno na uzorcima realiziranim tehnikom ručnog sitotiska, podijeljenim u 4 skupine ovisno o boji motiva kreiranog od ponavljajućih nizova riječi OK. Kao što je navedeno u eksperimentalnom dijelu, uzorcima unutar svake pojedine skupine zajednički je otisak osnovnog elementa – riječi OK tiskarskom pastom identičnog sastava i identičnog tona boje.

Tako je na uzorcima 1, 2 i 3 (skupina 1), motiv OK otisnut bubrećom pokrivenom tiskarskom pastom plavog tona boje, dok se u podlozi osnovnog motiva pojavljuju narančasti i zeleni ton boje obrisa elementa OK te zeleni, bijeli i narančasti ton boje tekstilne podloge. Na temelju vizualnog doživljaja, većina ispitanika bilježila je promjene u doživljaju (zasićenosti) krome plavog tona boje motiva OK, za uzorce 1, 2 i 3. Prema zabilježenom, zasićenost (kroma) plavog tona boje je vizualno najmanja za uzorak 1, a najveća za uzorak 2. Uzorak 1 klasičan je primjer asimilacije, dok je uzorak 2 primjer indukcije boje. Zeleni ton boje uzorka 1 umanjuje vizualni doživljaj briljantnosti plavog tona otisnutog motiva zbog svog analognog odnosa spram zelene boje. Analogni odnos boja temelji se na sličnosti te se u tom slučaju ne može govoriti o naglašenom kontrastu. Također, zeleni ton boje podloge i plavi ton boje otisnutog motiva sukladnog su nivoa svjetline, intenziteta i energije, te dolazi do svojevrsnog stapanja kada su te dvije boje u odnosu pozadinskog i dominantnog obojenja.

Nasuprot tome, kod uzorka 2 dolazi do naglašenog kontrastnog odnosa između bijele podloge i plavog tona boje otisnutog motiva. Visoki intenzitet refleksije bijele podloge dodatno naglašava i vizualno pojačava intenzitet i doživljaj zasićenosti plavog tona boje otisnutog uzorka te dolazi do tzv. indukcije boje. Kod uzorka 3 dolazi i do neznatne promjene u vizualnom doživljaju tona boje otisnutog motiva OK, koji zbog utjecaja narančastog tona boje tekstilne podloge, poprima, vizualno, žućkastu komponentu.

Kod uzorka 4 i 5 zabilježene su, od strane ispitivača, slične promjene u vizualnom doživljaju zelenog tona boje otisnutog uzorka OK. Bijela je boja najvišeg nivoa refleksije i najviše vlastite svjetline, te će, ako se koristi kao podloga kromatskim bojama, uvijek uzrokovati pojavu indukcije kromatske boje, tj. tzv. efekt pojačavanja boje. Kod zelenog tona boje otisnutog motiva uzorka 4, bilježen je, u odnosu na uzorak 5, doživljaj manje zasićenosti (krome) i nižeg intenziteta, jer zbog analognog odnosa s plavom bojom podloge dolazi do tzv. asimilacije, tj. stapanje boja. Potrebno je naglasiti da su uzorci 1 do 5 otisnuti pokrivenom tiskarskom pastom za tzv. bubreći pigmentni tisak. Naime, takav otisak daje efekt uzdignutog, reljefnog motiva, čiju krajnju boju tj. njezin doživljaj, karakterizira i specifična zrnata površinska struktura. Vizualni doživljaj obojene tekstilne površine ovisi isključivo o omjeru i spektralnim karakteristikama refleksije, apsorpcije i raspršenja, a ove pojave uvjetovane su, između ostalog, i specifičnom površinskom strukturom. Količina i pravilnost refleksije ovisiti će o karakteristici površine podloge.

O smjeru kretanja reflektiranog svjetla i o pojavi raspršenja, ovisit će hoće li se promatrana površina doimati glatkom i sjajnom ili hrapavom i mat te će svakako utjecati na vizualni doživljaj svjetline i zasićenosti (krome). Uzorci 6 i 7 primjeri su otiska realiziranog tiskarskom pastom za pigmentni tisak, plavog tona boje, bez reljefnog efekta. Dapače, ovakav otisak, kao što se vidi na slici 2, ne prekriva prirodnu strukturu površine tkanine. već dozvoljava da se ona inkorporira u vizualni doživljaj boje i oblika. Određena specifičnost otiska na uzorcima 6 i 7 jest i ta da je u tiskarsku pastu dodana neznatna količina bijelog pigmenta kako bi se osigurala pokrivenost tiskarske paste. Dodatak bijelog pigmenta nije značajno utjecao na karakteristiku plavog tona boje, a doprinosi ne samo pokrivenosti boje već njenoj briljantnosti i intenzitetu. Upravo zbog naglašenijeg intenziteta, pojava asimilacije boje kod odnosa plave i zelene (uzorak 7) ovdje nije toliko naglašena, a tome doprinosi i narančasti ton boje obrisa otisnutog motiva. Kod uzorka 6, plavi ton boje otisnutog motiva i narančasti ton boje tekstilne podloge su u komplementarnom odnosu, te dolazi do, vizualnog doživljaja dubljeg zasićenijeg plavog tona boje otisnutog motiva.

Uzorci 8 i 9 također su realizirani tiskarskom pastom za tzv. bubreći, pigmentni tisak, narančastog tona boje, na tekstilnim podlogama bijelog (uzorak 8) i plavog (uzorak 9) tona boje. Usprendbom vizualnog doživljaja uzorka 8 i 9, bilježi se vizualni dojam veće svjetline i brillantnosti narančastog tona boje uzorak 9 u odnosu na uzorak 8. Takav efekt može se pripisati opet, komplementarnom odnosu narančastog i plavog tona boje.

Kao potvrda da su zabilježene pojave zaista posljedica vizualnog među djelovanja boja, provedeno je instrumentalno mjerena boje otisnutog motiva OK, kao i boja korištenih podloga. Mjerjenje svake boje otisnutog motiva OK provedeno je na nekoliko različitih mjeseta za jedan uzorak te su rezultati izraženi kao srednje vrijednosti za svaki mjereni parametar boje ( $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h$ ,  $a^*$  i  $b^*$ ). Dobivene srednje vrijednosti parametara boje prikazane su u tablici 1. Na slici 3, prikazan je položaj boja u  $a^*/b^*$  dijagramu.

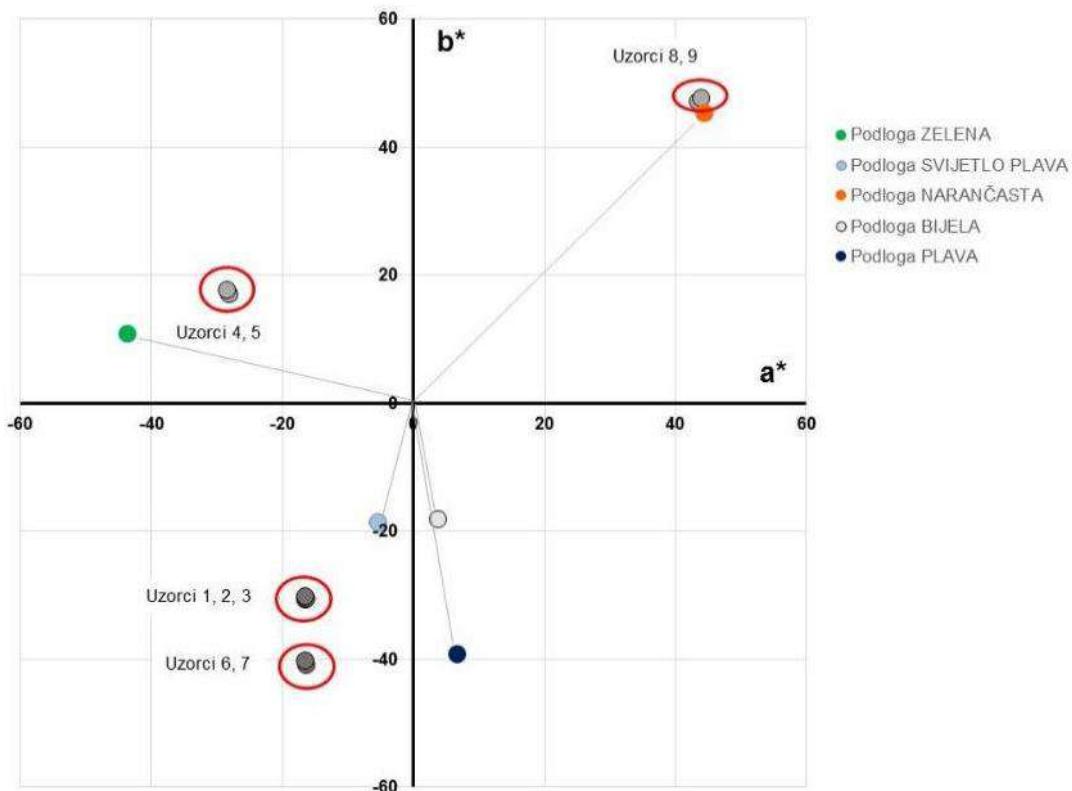
**Tablica 1:** Vrijednosti razlika u boji unutar definiranih grupa uzoraka

<b>Ton boje otisnutog uzorka OK na podlogama</b>	<b><math>L^*</math></b>	<b><math>a^*</math></b>	<b><math>b^*</math></b>	<b><math>C^*</math></b>	<b><math>h</math></b>
Uzorak 1 - zelena podloga	55,84	-16,45	-30,68	34,87	241,96
Uzorak 2 - bijela podloga	55,26	-16,35	-30,45	34,56	241,77
Uzorak 3 - narančasta podloga	55,34	-16,58	-30,12	34,38	240,69
<b>Ton boje otisnutog uzorka OK na podlogama</b>	<b><math>L^*</math></b>	<b><math>a^*</math></b>	<b><math>b^*</math></b>	<b><math>C^*</math></b>	<b><math>h</math></b>
Uzorak 4 - svijetlo plava podloga	51,22	-28,03	17,01	32,78	148,74
Uzorak 5 - bijela podloga	52,63	-28,36	17,68	33,4	149,01
<b>Ton boje otisnutog uzorka OK na podlogama</b>	<b><math>L^*</math></b>	<b><math>a^*</math></b>	<b><math>b^*</math></b>	<b><math>C^*</math></b>	<b><math>h</math></b>
Uzorak 6 - narančasta podloga	49,98	-16,42	-40,84	44,02	248,09
Uzorak 7 - zelena podloga	49,75	-16,58	-40,23	43,51	248,98
<b>Ton boje otisnutog uzorka OK na podlogama</b>	<b><math>L^*</math></b>	<b><math>a^*</math></b>	<b><math>b^*</math></b>	<b><math>C^*</math></b>	<b><math>h</math></b>
Uzorak 8 - bijela podloga	57,39	43,47	47,14	64,13	47,32
Uzorak 9 - plava podloga	57,12	43,98	47,69	64,87	47,51
<b>PODLOGE</b>	<b><math>L^*</math></b>	<b><math>a^*</math></b>	<b><math>b^*</math></b>	<b><math>C^*</math></b>	<b><math>h</math></b>
Podloga NARANČASTA	59,65	44,39	45,4	63,5	45,65
Podloga BIJELA	89,95	3,74	-18,07	18,46	281,69
Podloga SVIJETLO PLAVA	74,63	-5,39	-18,64	19,41	253,88
Podloga ZELENA	45,16	-43,72	11,01	45,09	165,87
Podloga PLAVA	39,47	6,62	-39,02	39,58	279,62

Rezultati u Tablici 1 prikazuju mjerne vrijednosti osnovnih parametara boje, svjetline  $L^*$ , zasićenosti  $C^*$ , tona  $h^*$ , te  $a^*$  i  $b^*$  koordinata.  $a^*$  i  $b^*$  koordinatama definiran je smještaj boje u CIE prostoru boje, te pokazuje odnos zasićenosti  $C^*$  i tona  $h^*$ . Dobiveni rezultati mjerena boje otiska motiva OK, za svaku ispitivanu grupu uzoraka potvrđuju da se radi o istom tonu boje otiska unutar pojedine skupine te da tijekom same realizacije i praktične provedbe tiska nije došlo do promjene obojenja.

Također, potvrđuje se da su subjektivno doživljene razlike u boji otiska unutar jedne grupe uzoraka posljedica isključivo specifičnih svojstava vizualne percepcije. Naime, kod pojave simultanog kontrasta, tj. indukcije ili asimilacije boje, ključan je odnos osnovnih parametara boje (svjetline  $L^*$ , zasićenosti  $C^*$  i tona  $h^*$ ) podlage i otisnutog motiva.

Kod uzorka 1, skupine 1, dolazi, kako je već naglašeno do pojave asimilacije boje, odnosno svojevrsnog stapanja pozadinskog i dominantnog obojenja. To se može objasniti odnosom svjetline i zasićenosti podlage i otiska. Rezultati u Tablici 1, pokazuju da se zeleni ton boje podlage i plavi ton boje otiska nalaze na podjednakim nivoima svjetline  $L^*$  ( $L^*$  podlage =45,16;  $L^*$  otiska =55,84) i zasićenosti ( $C^*$  podlage =45,09;  $C^*$  otiska =34,87). Također, položaj boje otiska u  $a^*/b^*$  dijagramu ukazuje na određeni udio zelenog tona boje u plavom tonu boje otiska ( $h^*=241$  – plavo zeleni kvadrant), uslijed čega se gubi naglašeni kontrast između boje podlage i boje otiska te dolazi do asimilacije tj. vizualnog efekta stapanja.



**Slika 3:** a\*/b\* dijagram (smještaj boja mjerjenih uzoraka u a\*/b\* prostoru boje)

Dobiveni rezultati objektivnih mjerjenja isto potvrđuju i za odnos boje podloge i boje otiska uzorka 7, iako je prilikom subjektivne procjene, zbog razlike u površinskoj strukturi otiska, zabilježena neznatna razlika u vizualnom doživljaju.

Kod uzorka realiziranih na bijeloj i svjetlo plavoj podlozi, dolazi do indukcije boje, odnosno efekta pojačavanja boje otiska. Bijela boja je boja visoke vlastite svjetline, što znači da ju karakterizira visoki udio refleksije na najvišem nivou svjetline, što se potvrđuje i rezultatima objektivnog mjerjenja ( $L^*$  bijele podloge = 89,95). Svjetlo plava podloga, iako karakterizirana nešto većom vrijednošću krome ( $C^*$  bijele = 18,46;  $C^*$  svjetlo plave = 19,41), zbog visokog nivoa svjetline ( $L^*$  svjetlo plave podloge = 74,63) odnosno visokog udjela refleksije na višem nivou svjetline, također dovodi do pojave indukcije boje otiska, odnosno vizualnog osjeta briljantnijeg, zasićenijeg obojenja otiska.

Položaj boje podloge i boje otiska uzorka 3 i 6, u a\*/b\* dijagramu, potvrđuje komplementarni odnosno suprotni odnos boja. Prema teoriji komplementarnosti, boje u komplementarnom odnosu međusobno se pojačavaju, a kada je komplementar veće briljantnosti, zasićenosti i svjetline (primjerice žuta ili narančasta u odnosu na plavu ili plavo zelenu) korišten kao pozadinska boja tada dolazi do efekta „guranja“ otiska na takvoj podlozi u prvi plan. To se uočava, kod uzorka 3 i 6. Rezultati prikazani u Tablici 1 potvrđuju vrlo visok nivo zasićenosti narančastog tona podloge ( $C^*=63,5$ ) na višem nivou svjetline ( $L^*=59,65$ ), što u kombinaciji s plavim tonom boje otiska niže svjetline ( $L^*=49,98$ ) i zasićenosti ( $C^*=44$ ) dovodi upravo do efekta pojačavanja vizualnog doživljaja boje otiska

#### 4. Zaključak

Nakon analize provedene u ovom radu, može se potvrditi glasoviti citat Johanna Ittena koji idealno objedinjuje i govori o međuodnosu boja, a glasi: „*Tko želi u potpunosti ovladati razumijevanjem boje, mora vidjeti, osjećati i doživljavati svaku pojedinu boju u njenim nebrojenim kombinacijama i odnosima sa ostalim bojama*“.

U radu je prikazan manji segment istraživanja koja se provode na području teorije boje, a koja su esencijalna kao doprinos razumijevanju važnosti boje u dizajnu i, općenito, vizualnim komunikacijama. U radu je potvrđeno

da će tonovi boja koji su u analognom odnosu te su sukladnog nivoa svjetline, intenziteta i energije, doći do svojevrsnog stapanja kada su te dvije boje u odnosu pozadinskog i dominantnog obojenja, te će u takvim situacijama biti naglašen efekt asimilacije boje. Nasuprot tome, u kombinacijama boja naglašenih razlika u nivoima svjetline te razlika u energetskim nivoima, dolazi do efekta vizualnog jačanja intenziteta i doživljaja zasićenosti onog tona boje koji je na nižem energetskom nivou i nižem nivou svjetline, tj. dolazi do pojave tzv. indukcije boje. U primjeni boje, bilo da se radi o industrijskoj praksi ili umjetničkom izričaju, esencijalno je razumijevanje prirode čovjekove percepcije boje i utjecaja boje na psiko – fizički doživljaj promatrača. Poznavanje utjecaja boja na percepciju promatrača, njihovih energetskih odnosa, te zajednička znanja iz teorije vizualne percepcije boja i teorije harmonijskog usklađivanja boja, esencijalna su u umjetničkom stvaralaštvu dizajnera.

## Literatura

- [1] Chen, A.; Dinet, E. & Hardberg, J. Y.: The Creation of an Artwork with Simultaneous Contrast, *Book of Proceedings of 12th Congress of the International Colour Association AIC Colour 2013*, MacDonald, L.; Westland, S.; Wuerger, S. (Eds.), ISBN 978-0901623027, Newcastle upon Tyne UK, July 2013, International Colour Association
- [2] Wei, S.T. et al: Package Design: Colour Harmony and Consumer Expectations, *International Journal of Design*, 8(2014)1, str. 109-126, ISSN 1991-3761
- [3] Kaiser, P.K.: The Joy of Visual Perception: A Web book, *Dostupno na:* <http://www.yorku.ca/eye/>, *Pristupljeno:* 2016-11-20
- [4] Logvinenko, A.D.: The anchoring effect in lightness perception in humans, *Neuroscience Letters*, 334(2002)5-8, ISSN 0304-3940.
- [5] Westland, S. et al: Colour Harmony, *Dostupno na:* [http://www.aic-color.org/journal/v1/aic\\_v1\\_review.pdf](http://www.aic-color.org/journal/v1/aic_v1_review.pdf), *Pristupljeno:* 2016-10-05

## Autor(i):

Izv. prof. dr. sc. Martinia Ira GLOGAR

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno – tehnički fakultet

Prilaz baruna Filipovića 28a, 10 000 Zagreb

Tel: +385 1 48 77 365

Fax: +385 1 48 77 355

E-mail: martinia.glogar@tf.hr

Doc. Koraljka KOVAC DUGANDŽIĆ, prof. likovne kulture

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno – tehnički fakultet

Prilaz baruna Filipovića 28a, 10 000 Zagreb

Tel: +385 1 37 12 548

E-mail: koraljka.kovac@tf.hr

## BIOKATALITIČKA SINTEZA NANOČESTICA KALCIJEVOG KARBONATA

### BIOCATALYTICAL SYNTHESIS OF CALCIUM CARBONATE NANOPARTICLES

Lela PINTARIĆ; Iva REZIĆ & Ana VRSALOVIĆ PRESEČKI

**Sažetak:** S obzirom na znatan porast upotrebe metalnih nanočestica nužno je razviti i nove ekološki prihvatljive metode njihove sinteze. Takva je i biokatalitička metoda sinteze nanočestica kalcijevog karbonata iz produkata reakcije hidrolize uree uz enzim ureazu, ispitana ovim radom u tri reakcijska medija pri dvjema temperaturama. Zaključeno je: brzina reakcije hidrolize uree veća je pri višoj temperaturi u HEPES i TEA puferu, tj. podjednaka na obje temperature kod reakcija provedenih u redestiliranoj vodi; specifičnost enzima ureaze prema supstratu veća je pri višoj temperaturi prilikom provođenja reakcije u TEA puferu i redestiliranoj vodi, odnosno obrnuto kod reakcije provedene u HEPES puferu. Inhibicija enzima ureaze kalcijevim ionima nije značajna. Veličina nastalih čestica neovisna je o mediju u kojem je provedena reakcija a veće čestice nastale su pri višoj temperaturi. Istraživanje je uvod u projekt Sinteza i ciljana primjena metalnih nanočestica (STARS) financiran od strane Hrvatske zaklade za znanost čiji je cilj sinteza i karakterizacija raznih metalnih nanočestica te razvoj novih funkcionalnih materijala s tankim slojem nanočestica za ciljanu primjenu u zaštitnim materijalima.

**Abstract:** Significant increase of the metal nanoparticles (NP) use requires new environmental friendly methods for their synthesis. One of them, biocatalytical synthesis of calcium carbonate nanoparticles from the products of the urea hydrolysis catalyzed with a urease enzyme, was here examined in three reaction media at two temperatures. The conclusions were: reaction rate is higher at a higher temperature in HEPES and TEA buffers and equal for both reactions in redistilled water; when reactions were carried out in TEA buffer and redistilled water, the specificity of urease on substrate is higher at a higher temperature and vice versa in HEPES buffer. Calcium ions inhibit urease with insignificant non-competitive inhibition. Size of the particles is not correlated with the media in which reactions were carried out, but larger particles were formed at higher temperatures. This research is an introduction to the project Synthesis and targeted application of metal nanoparticles (STARS) funded by the Croatian Science Foundation and it's goals are synthesis and characterization of NP and the development of new functional materials with a thin layer of NP for targeted use in protective materials.

**Ključne riječi:** enzimi, biokatalitička sinteza, nanočestice, kalcijev karbonat

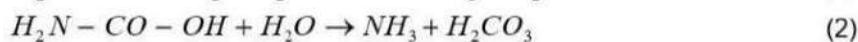
**Keywords:** enzymes, biocatalytical synthesis, nanoparticles, calcium carbonate

#### 1. Uvod

Snažan razvoj nanotehnologije revolucionizirao je primjenu nanočestica u raznim područjima tehnoloških i znanstvenih inovacija, od specijalizirane elektronike do vrhunskih sofisticiranih medicinskih postupaka [1]. Važnost polimernih materijala presvučenih tankim slojem nanočestica prepoznala je i ambalažna industrija, a danas ih se učestalo koristi i u tekstilnoj industriji zahvaljujući poboljšanim svojstvima materijala s integriranim nanočesticama. S obzirom na brojna ograničenja koja se javljaju prilikom korištenja toksičnih kemikalija u kemijskim i fizičkim metodama sinteze nanočestica, danas se sve više pažnje posvećuje razvoju biokatalitičkih metoda sinteze koje podrazumijevaju korištenje enzima kao pouzdan i ekološki najprihvatljiviji način.

Enzimi ili biokatalizatori su organske molekule koje kataliziraju biokemijske reakcije te su po svom sastavu proteini. Djeluju na način da snižavaju energiju aktivacije pojedine reakcije što uzrokuje porast brzine reakcije. Tijekom reakcije ostaju nepromijenjeni i ne troše se, što im omogućava da, kada se jedna reakcija privede kraju, potpuno nepromijenjeni mogu katalizirati drugu reakciju. Prednosti korištenja biokatalizatora u odnosu na konvencionalne kemijske katalizatore su blagi procesni uvjeti (sobna temperatura, atmosferski tlak, neutralni pH), a samim time i manji energetski zahtjevi te troškovi procesne opreme, njihova selektivnost, odnosno specifičnost uslijed kojih se eliminira stvaranje nepoželjnih nusprodukata, tj. povećava produktivnost reakcije. Također, u potpunosti su razgradivi što im je svakako prednost, ali i nedostatak s obzirom na to da su kao takvi topljivi i u vodi te ih je zahtjevno i skupo separirati iz reakcijske smjese na kraju katalitičkog procesa [2].

Nedostaci zbog kojih je i upotreba biokatalizatora u industriji ograničena su još i visoka tržišna cijena, nestabilnost pri visokim temperaturama ili ekstremnim pH vrijednostima te dostupnost u malim količinama. Kalcijev karbonat, CaCO<sub>3</sub>, je mineral široko rasprostranjen u prirodi – glavni je mineralni sastojak sedimentnih stijena te se kao anorganska komponenta nalazi u kostima i tkivima brojnih organizama. Vrlo je značajna i njegova tehnološka primjena gdje postoje određeni zahtjevi za točno određenim fizikalnim i kemijskim svojstvima te samim oblikom, morfolojijom i veličinom čestica kalcijevog karbonata. Upravo zbog navedenog raste i potreba za razvojem novih metoda pripreme naprednih karbonatnih materijala kojima će se utjecati na karakteristike sintetiziranih čestica korištenjem okolišno prihvatljivih materijala i pri okolišnoj temperaturi. Jedan od takvih načina pripreme nanočestica kalcijevog karbonata je biokatalitička sinteza iz produkata hidrolize uree uz enzim ureazu i kalcijev klorid [3]. Dosad su provedena brojna istraživanja utjecaja različitih koncentracija uree i enzima na brzinu reakcije te karakteristike nastalih nanočestica [4]. Cilj našeg istraživanja bio je ispitati kinetiku enzima ureaze i utjecaj kalcijevih iona na aktivnost enzima u tri različita reakcijska medija te pri dvije temperature i na temelju dobivenih rezultata razviti matematički model navedene reakcije. Dobiveni matematički model validiran je provođenjem reakcije u staklenom kotlastom reaktoru uz stalno miješanje. Mehanizam reakcije je sljedeći: određena količina ureaze otopljena je u otopini u kojoj se nalaze kalcijev klorid i urea, pri čemu ureaza hidrolizira ureu u karbamatu i amonijaku (1), a nastaje i karbonatna kiselina (2). Istovremeno, karbonatni ioni (3) reagiraju s ionima kalcija u otopini te pri sobnoj temperaturi precipitacijom nastaje kalcijev karbonat (4). Disocijacijom amonijaka u vodi nastaju amonijevi i hidroksidni ioni (5).



## 2. Eksperimentalni dio

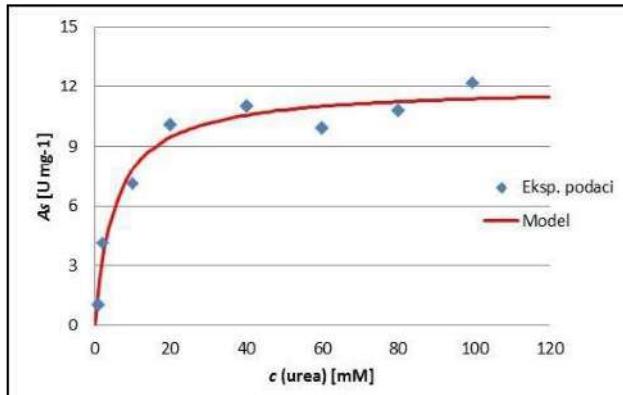
Kinetika enzima ureaze određena je spektrofotometrijski u tri medija, 4-(2-hidroksietil)-1-piperazinil-etansulfonskoj kiselini (HEPES puferu) i trietanolamin puferu (TEA) te redestiliranoj vodi, pri temperaturama 30 °C i 40 °C u staklenom kotlastom reaktoru uz stalno miješanje magnetskom miješalicom. Pri različitim početnim koncentracijama uree i konstantnoj koncentraciji enzima ureaze, spektrofotometrijski je određivana početna brzina raspada uree praćenjem porasta koncentracije amonijevih iona. Iz dobivene promjene apsorbancije u ovisnosti o vremenu reakcije izračunata je specifična aktivnost enzima, As [U mg<sup>-1</sup>] koja je korištena za procjenu kinetičkih parametara enzima. Utjecaj kalcijevih iona na kinetiku enzima ureaze, odnosno na početnu reakcijsku brzinu u reakciji hidrolize uree određen je također mjeranjem, tj. određivanjem specifične aktivnosti enzima ureaze. U ovom slučaju, provedeni su eksperimenti s konstantnim koncentracijama uree i ureaze te različitim koncentracijama kalcijevih iona, odnosno kalcijevog klorida, CaCl<sub>2</sub>.

Prema rezultatima kinetike enzima i utjecaja kalcija na samu kinetiku, postavljen je matematički model procesa koji je validiran provođenjem reakcije sinteze nanočestica kalcijeva karbonata iz produkata hidrolize uree katalizirane enzimom ureazom u staklenim kotlastim reaktorima u termostatiranoj tresilici. Ukupno je provedeno šest eksperimenata; po jedan u tri medija (HEPES i TEA pufer, redestilirana voda) i na dvije temperature (30 °C i 40 °C). Početna koncentracija uree i kalcijevog klorida u reaktorima bila je jednaka u svim eksperimentima čiji početak je aproksimiran dodatkom iste koncentracije enzima u reaktore. Iz reaktora su tijekom reakcije uzimani uzorci u kojima je određivana koncentracija amonijevih iona na spektrofotometru (Shimadzu UV-1800) i kalcijevih iona na atomskom apsorpcijskom spektrofotometru (AAS; Shimadzu AA – 6300). Nakon završene reakcije, reakcijska smjesa je centrifugirana (Hettich Universal 320R), supernatant je uklonjen, a dobivene čestice su isprane redestiliranim vodom te je postupak ponovljen još jednom. Dobivene čestice su sušene u liofilizatoru (Labconco Free Zone) i analizirane na pretražnom elektronskom mikroskopu (SEM; Tescan Vega III Easypoke) i rendgenskom difraktometru (XRD; Shimadzu 6000).

## 3. Rezultati i rasprava

Rezultati ispitivanja kinetike enzima ureaze prikazani su Slikom 1 na primjeru provođenja eksperimenta u TEA puferu pri temperaturi T=40 °C.

Temeljem eksperimentalno dobivenih podataka, pretpostavljeno je kako se radi o Michaelis – Menten kinetici što je potvrđeno simulacijom u programskom paketu *Scientist* čiji su rezultati prikazani istom slikom. U navedenom programu, nelinearnom regresijom procijenjeni su parametri Michaelis – Menten kinetike pri različitim uvjetima te su prikazani Tablicom 1.

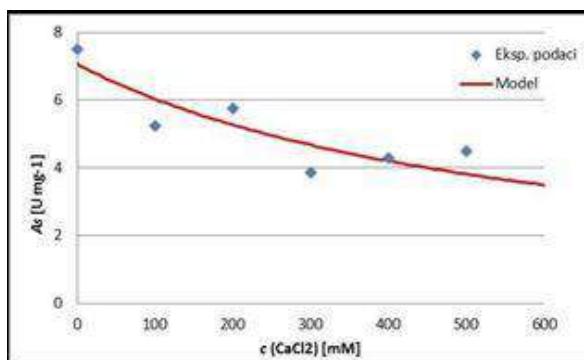


**Slika 1:** Ovisnost specifične aktivnosti enzima ureaze o koncentracijama uree u TEA puferu pri  $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $c_{\text{urea}}=1\text{-}100\text{ mM}$ ;  $c_{\text{TEA}}=0,1\text{ mM}$ ;  $c_{\text{ureaza}}=0,1\text{ mg mL}^{-1}$ )

**Tablica 1:** Parametri Michaelis – Menten kinetike procijenjeni u *Scientist*-u

Procijenjeni parametri	Medij	$V_m$ [ $\text{U mg}^{-1}$ ]	$Km^S$ [ $\text{mmol dm}^{-3}$ ]
$T=30\text{ }^{\circ}\text{C}$	HEPES	10,143	7,307
	TEA	10,177	17,335
	Voda	5,264	15,326
$T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$	HEPES	18,637	32,483
	Tea	11,979	5,327
	Voda	5,26	3,15

Temeljem procijenjenih vrijednosti maksimalne brzine reakcije,  $V_m$ , zaključeno je kako aktivnost enzima, odnosno brzina reakcije raste s porastom temperature u HEPES i TEA puferu, dok je u redestiliranoj vodi brzina reakcije podjednaka na obje temperature. S obzirom na vrijednosti Michaelis – Menten konstante,  $Km^S$ , koja opisuje afinitet enzima prema supstratu, zaključeno je kako je specifičnost enzima ureaze veća prilikom provođenja reakcije hidrolize uree pri višoj temperaturi u reakcijama provedenim u TEA puferu i redestiliranoj vodi, dok je u reakcijama provedenim u HEPES puferu enzim pokazao veći afinitet prema supstratu pri nižoj temperaturi provođenja reakcije. Prema rezultatima ispitivanja utjecaja kalcija na aktivnost, odnosno kinetiku enzima ureaze zaključeno je kako kalcijevi ioni inhibiraju aktivnost enzima ureaze, a temeljem literaturnih podataka [5] utvrđeno je kako se radi o nekompetitivnoj inhibiciji. Navedeno je također potvrđeno vrlo dobrim slaganjem eksperimentalno dobivenih podataka s podacima dobivenim simulacijom u *Scientist*-u što je prikazano Slikom 2, također za eksperiment proveden u TEA puferu pri temperaturi  $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Procijenjene su i konstante inhibicije kalcijevim ionima (Tablica 2) te je zaključeno kako su znatno visoke, osobito u odnosu na procijenjene Michaelis – Menten konstante (Tablica 1), odnosno kako inhibicija reakcije hidrolize uree uz ureazu kalcijevim ionima nije značajna.

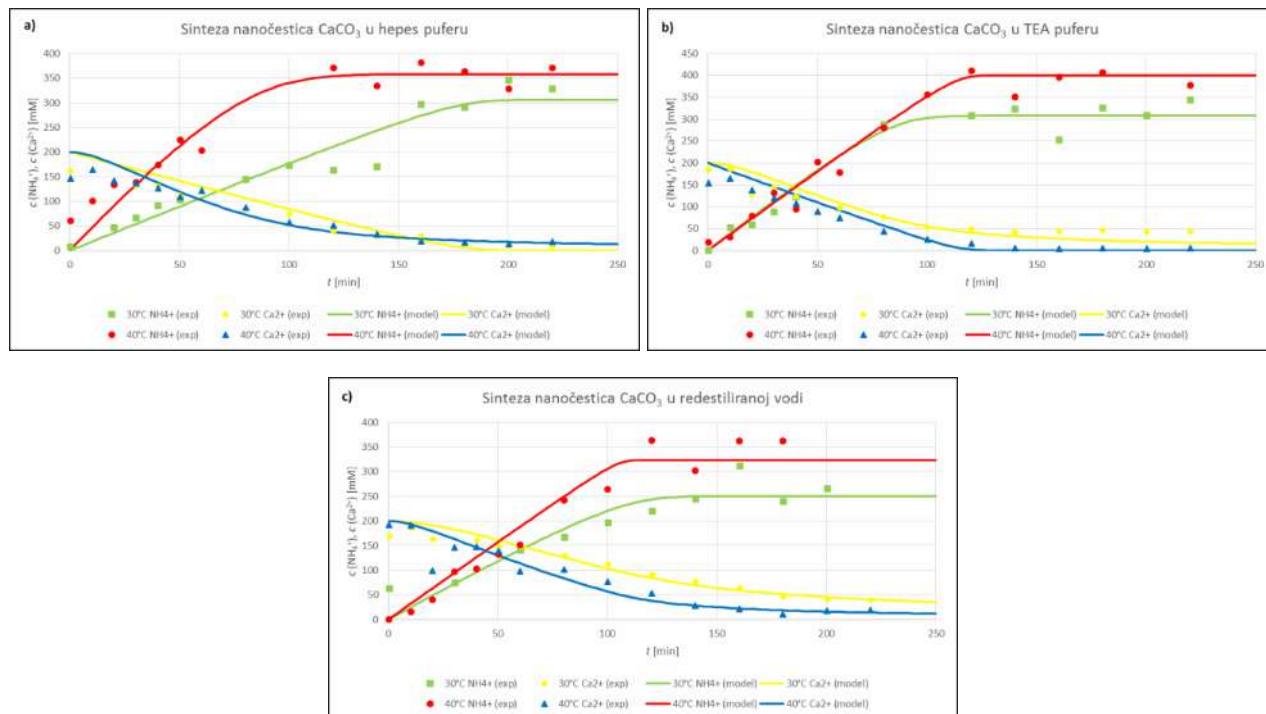


**Slika 2:** Ovisnost specifične aktivnosti enzima ureaze o koncentracijama  $\text{CaCl}_2$  u TEA puferu pri  $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $c_{\text{urea}}=100\text{ mM}$ ;  $c_{\text{TEA}}=0,1\text{ mM}$ , pH 7;  $c_{\text{ureaza}}=0,1\text{ mg mL}^{-1}$ ;  $c_{\text{CaCl}_2}=0\text{-}500\text{ mM}$ )

**Tablica 2:** Konstante inhibicije kalcijevim ionima u reakciji hidrolize uree procijenjene u *Scientist-u*

Procijenjeni parametar	Medij	$K_i$ [mM]
$T=30\text{ }^{\circ}\text{C}$	HEPES	287,797
	TEA	881,567
	Voda	1660,315
$T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$	HEPES	301,125
	TEA	598,833
	Voda	507,689

Rezultati validacije matematičkog modela, odnosno provedene sinteze nanočestica kalcijevog karbonata prikazani su kao ovisnost koncentracija amonijevih i kalcijevih iona o vremenu trajanja reakcije pri određenoj temperaturi (Slika 3 a – c). Zajedno s eksperimentalno dobivenim podacima prikazani su i rezultati dobiveni simulacijom reakcije u *Scientist-u* prema postavljenom matematičkom modelu te je zaključeno kako prepostavljeni model vrlo dobro opisuje eksperiment. Određena odstupanja eksperimentalno dobivenih vrijednosti koncentracija amonijevih iona u odnosu na vrijednosti predviđene modelom objašnjena su djelomičnim isparavanjem amonijaka tijekom reakcije. Na temelju prikazanih rezultata procijenjene su konstante brzine nastajanja čestica  $\text{CaCO}_3$  u prvih 80 minuta reakcije te su dane u Tablici 3. Brzina nastajanja nanočestica opisana je kinetikom drugog reda. Zaključeno je kako je brzina nastajanja čestica u svim medijima manja na nižoj temperaturi te kako je na obje temperature brzina nastajanja nanočestica najmanja prilikom provođenja eksperimenta u redestiliranoj vodi.



**Slika 3:** Sintesa nanočestica  $\text{CaCO}_3$  iz produkata reakcije hidrolize uree katalizirane enzimom ureazom u kotlastom reaktoru sa stalnim miješanjem ( $C_{\text{urea}}=200\text{ mM}$ ;  $C_{\text{ureaza}}=0,44\text{ mg mL}^{-1}$ ;  $C_{\text{CaCl}_2}=200\text{ mM}$ ;  $T=30/40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $V_{\text{reaktor}}=5\text{ mL}$ ) provedena u: a) HEPES puferu ( $C_{\text{HEPES}}=0,1\text{ M}$ , pH 7); b) TEA puferu ( $C_{\text{TEA}}=0,1\text{ M}$ , pH 7); c) redestiliranoj vodi

**Tablica 3:** Brzina nastajanja kalcijevog karbonata

Procijenjeni parametar	$T=30\text{ }^{\circ}\text{C}$			$T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$		
	HEPES	TEA	Voda	HEPES	TEA	Voda
$k\text{ [mM}^{-1}\text{ min}^{-1}]$	0,9577	1,0548	0,5777	1,2657	1,7378	1,1707

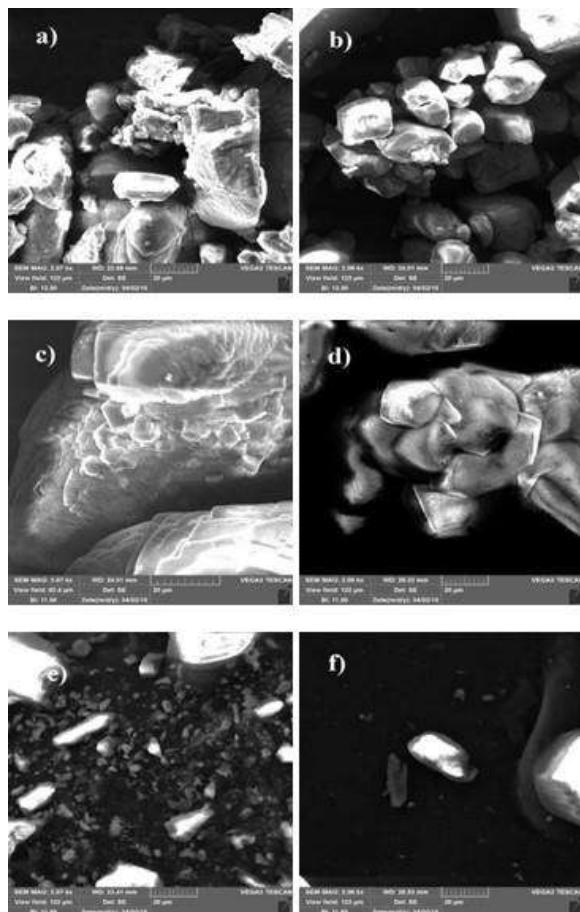
Na Slikama 4 a – f dani su prikazi sintetiziranih čestica  $\text{CaCO}_3$  dobiveni analizom na SEM-u. Na temelju dobivenih prikaza određene su i prosječne veličine sintetiziranih nanočestica (Tablica 4). Zaključeno je kako u eksperimentima provedenim pri nižim temperaturama nastaju čestice manjih dimenzija te da ni u jednom

slučaju nisu nastale nanočestice, odnosno čestice u rasponu veličina od 1 – 100 nm, već su sintetizirane mikročestice. Utvrđeno je kako navedeno može biti posljedica veće brzine reakcije u eksperimentima provedenim pri višim temperaturama, odnosno kako je moguće da je pri višim temperaturama provođenja reakcije došlo i do formiranja agregata. Medij u kojem je provedena sinteza čestica prema dobivenim rezultatima nije imao utjecaj na veličinu nastalih čestica.

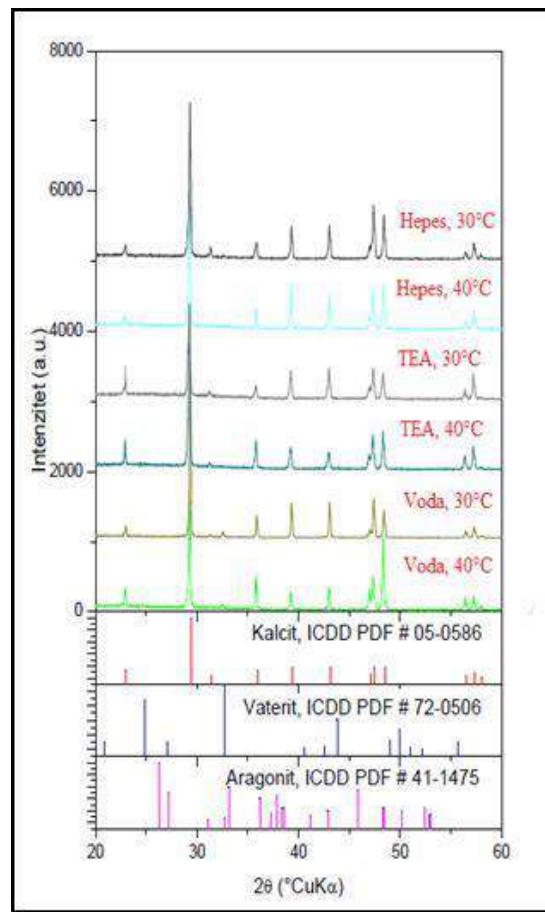
Analizom čestica na XRD uređaju dobiveni su difraktogrami (Slika 5) na kojima su uz eksperimentalno dobivene, prikazani i literaturni podaci za očekivane kristalne modifikacije kalcijeva karbonata – kalcit, aragonit i vaterit. Zaključeno je kako je u svim uzorcima prisutan kalcit, vaterit je prisutan u malim količinama kod čestica sintetiziranih u redestiliranoj vodi dok aragonit nije prisutan ni u jednom slučaju.

**Tablica 4:** Prosječne veličine sintetiziranih čestica

Medij	Temperatura, [°C]	Raspon veličina, [μm]	Prosječna veličina, [μm]
HEPES	30	3,809 - 6,190	4,857
TEA		2,114 - 9,314	4,571
Voda		3,809 - 5,555	4,696
HEPES	40	9,649 - 23,157	14,807
TEA		22,611 - 33,757	26,354
Voda		7,096 - 32,903	20,581



**Slika 4:** Prikaz čestica snimljenih pomoću SEM-a; čestice nastale u HEPES puferu pri a)  $T=30$  °C, povećanje 2.070 x i b)  $T=40$  °C, povećanje 2.060 x; TEA puferu pri c)  $T=30$  °C, povećanje 3.070 x i d)  $T=40$  °C, povećanje 2.060 x; redestiliranoj vodi pri e)  $T=30$  °C, povećanje 2.070 x i f)  $T=40$  °C, povećanje 2.060 x



**Slika 5:** Difraktogram dobiven XRD analizom čestica

#### 4. Zaključak

Na temelju provedenog istraživanja doneseni su vrijedni zaključci vezani uz optimiranje biokatalitičke sinteze nanočestica kalcijevog karbonata kao široko primjenjivih produkata. S obzirom na znatan porast upotrebe nanočestica kalcija, ali i brojnih drugih metala, točno određenih svojstava uspostavljen je i projekt *Sinteza i ciljana primjena metalnih nanočestica (STARS)*. Cilj projekta je uspostava nove interdisciplinarnе međunarodne istraživačke skupine unutar koje se očekuje znatni transfer znanja među članovima tima, jačanje suradnje s inozemstvom i razvoj nove znanstvene grupe. Znanstveni ciljevi projekta su izolacija i identifikacija novih enzima koji će se koristiti za sintezu nanočestica i njihova analiza, razvoj ekološki povoljnog procesa sinteze metalnih nanočestica, praćenje reakcija i otkrivanje novih mehanizama stvaranja nanočestica *in situ*, karakterizacija sintetiziranih metalnih nanočestica te razvoj i ispitivanje novih funkcionalnih polimernih materijala s tankim slojem nanočestica (primjenom specijaliziranih metoda, npr. GEMMA, GF-AAS) za ciljanu primjenu u zaštitnim materijalima. Konačni cilj svakako je usluge i proizvode ponuditi hrvatskoj prehrambenoj i tekstilnoj industriji.

#### 5. Literatura

- [1] Rezić, I.: Engineered Nanoparticles in Textiles and Textile Wastewaters, U *Analysis and Risk of Nanomaterials in Environmental and Food Samples*, Elsevier, ISBN: 978-0-444-56328-6, Great Britain, (2002), str. 235-264
- [2] D'Souza, S.F.: Immobilized enzymes in bioprocess, *Current Science in India*, **77** (1999) 1, str. 69-79, ISSN: 0011-3891
- [3] ] Sondi I., Salopek-Sondi B.: Influence of the primary structure of enzymes on the formation of CaCO<sub>3</sub> polymorphs: A comparison of plant (*Canavalia ensiformis*) and bacterial (*Bacillus pasteurii*) ureases, *Langmuir*, **21** (2005) 19, str. 8876-8882, ISSN: 0743-7463
- [4] Sondi I., Matijević E.: Homogeneous precipitation of calcium carbonates by enzyme catalyzed reaction, *Journal of Colloid and Interface Science*, **238** (2001) 1, str. 208-214, ISSN: 0021-9797
- [5] Qin Y., Cabral, J.M.S.: Kinetic studies of the urease-catalyzed hydrolysis of urea in a buffer-free system, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, **49** (1994) 3, str. 217-240, ISSN: 0237-2289

#### Zahvala

Zahvaljujemo Hrvatskoj zakladi za znanost koja u okviru uspostavne istraživačke potpore: UIP-2014-09-1534 financira projekt *Sinteza i ciljana primjena metalnih nanočestica - STARS*.

#### Autori:

Lela PINTARIĆ, mag. ing. oeconomics.  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10 000 Zagreb  
Tel: +(385) (1) 3712 590

E-mail: lela.pintaric@ttf.hr

Doc. dr. sc. Iva REZIĆ  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10 000 Zagreb  
Tel: +(385) (1) 3712 593

E-mail: iva.rezic@ttf.hr

Izv. prof. dr. sc. Ana VRSALOVIĆ PRESEČKI  
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije  
Savska cesta 16, 10 000 Zagreb  
Tel: +(385) (1) 4597 157

E-mail: avrsalov@fkit.hr

## STAMPING ANALIZA 3D TEKSTILNOG PREDOBLIKA S NOVO RAZVIJENIM TEKSTILnim SENZORIMA

### STAMPING ANALYSIS OF 3D TEXTILE PREFORM WITH NEWLY DEVELOPED TEXTILE SENSORS

Ivona JERKOVIĆ; Ana Marija GRANCARIĆ; Clément DUFOUR;  
Francois BOUSSU; Peng WANG & Vladan KONČAR

**Sažetak:** Tekstilom ojačani kompoziti veliki su izazov za znanost i industriju radi značajnih svojstava u usporedbi s konvencionalnim metalima i laminatima te smanjene mase u svrhu poboljšanja ekonomičnosti potrošnje goriva i usklađivanja s državnim propisima o sigurnosti i emisiji. Za jačanje njihove proizvodnje neophodno je praćenje tehnoloških procesa. Mnogi istraživači prikazali su eksperimentalna, numerička i teorijska istraživanja o mogućnostima oblikovanja tekstilnih struktura stamping postupkom ali često su ograničeni na analizu tankih tekstilnih predoblika u ravnini. U ovom radu, stamping analiza je izvedena da se ispita ponašanje 3D tkanine s interlok ojačanjem po osnovi s novo razvijenim tekstilnim senzorima temeljenim na polimernom kompleksu poli(3,4-etilenedioxithiophene)-poli(styrenesulfonate). Prikazani su rezultati mjerjenja nekoliko karakteristika, povlačenje materijala, kutovi smicanja i kliznuća vanjskih slojeva.

**Abstract:** Textile reinforced composites are a great challenge for science and industry due to superior properties compared to conventional metals and laminates and reduced weight in order to improve fuel economy and compliance with government regulations on safety and emission. For the strengthening of their production, the monitoring of technological processes is necessary. Many researchers have presented experimental, numerical and theoretical research for the formability possibilities of textile structures through stamping operation, but they are often restricted to the in-plane characteristic analysis of thin textile preforms. In this paper, stamping analysis is performed to investigate behaviour of the 3D warp interlock fabric with newly developed textile sensors based on polymer complex poly(3,4-ethylenedioxithiophene)-poly(styrenesulfonate). The measurement results of several characteristics are presented, material draw-in, shear angles and sliding of the external layers.

**Ključne riječi:** tekstilom ojačani kompozit, stamping postupak, 3D tkanina s interlok ojačanjem po osnovi, tekstilni senzor

**Key words:** textile reinforced composite, stamping process, 3D warp interlock fabric, textile sensor

#### 1. Uvod

Tekstilom ojačani kompoziti veliki su izazov za znanost i industriju radi značajnih svojstava u usporedbi s konvencionalnim metalima i laminatima te smanjene mase u svrhu poboljšanja ekonomičnosti potrošnje goriva i usklađivanja s državnim propisima o sigurnosti i emisiji [1-4]. Za jačanje njihove proizvodnje neophodno je praćenje tehnoloških procesa [5].

3D tekstilne strukture izrađene od visoko performiranih vlakana, poput staklenih, aramidnih ili ugljičnih, pokazuju visoki potencijal u industriji prijevoznih sredstava. Ove strukture obično imaju višu tržišnu cijenu usporedno s 2D tekstilnim strukturama, ali ukupni troškovi konačno razvijenih tekstilnih proizvoda su niži [6,7]. S tehnološkog gledišta, najveća prednost 3D tkanina s interlok ojačanjem (po osnovi ili potki) je prilagodljivost različitim zahtjevima struktura i proizvodnja na konvencionalnim tkalačkim strojevima s manjim modifikacijama [8]. Mnogi istraživači prikazali su eksperimentalna, numerička i teorijska istraživanja o mogućnostima oblikovanja tekstilnih struktura stamping postupkom. To je postupak preoblikovanja tekstilnog plošnog proizvoda u određeni 3D oblik [9-13]. Općenito, istraživači su često ograničeni na analizu tankih tekstilnih predoblika u ravnini. Stamping analiza debljih 3D tkanina s interlok ojačanjima manje je istražena. Konačni 3D tekstilni predoblici ovih struktura mogu dovesti do različitog razmještaja pređe što može utjecati na njihova mehanička svojstva [14]. Pored toga, tekstilni senzori mogu se ugraditi tijekom proizvodnih procesa ovih 3D tekstilnih predoblika i srodnih kompozita omogućujući *in situ* praćenje stanja razvijenih struktura [15].

U ovom radu, stamping analiza je izvedena da se ispita ponašanje 3D tkanine s interlok ojačanjem po osnovi s novo razvijenim tekstilnim senzorima te usporedi pređa u smjeru osnove i potke unutar ove strukture. E-

staklena/polipropilenska (GF/PP) pređa koristila se za izradu 3D tekstilnog predoblika i tekstilnih senzora. Nova metoda naslojavanja pređe putem valjaka je razvijena za kontinuiranu proizvodnju tekstilnih senzora [16]. Vodena disperzija polimernog kompleksa poli(3,4-etylendiokstiofen)-poli(stirensulfonat) (PEDOT:PSS) je pripremljena određivanjem praga perkolacije ovog kompleksa.

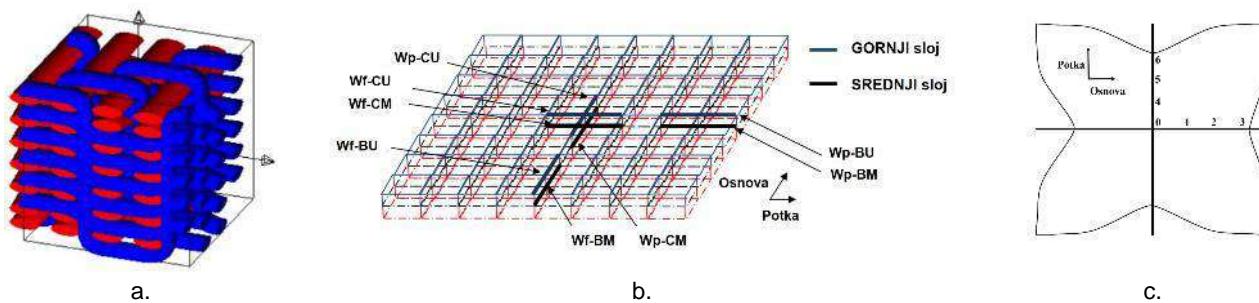
## 2. Eksperimentalni dio

E-staklena/polipropilenska (GF/PP) pređa finoće 842 tex, maseni udio GF:PP, 71:29 (*PD Fiberglass*), koristila se za razvoj tekstilnih senzora i 3D tekstilnog predoblika.

Vodena disperzija polimernog kompleksa PEDOT:PSS, CLEVIOS FE T (*Heraeus*), i vodena disperzija kopolimera akrilnih estera, Latex Appretan 96100 (*Clariant*), miješane su pod strogo određenim uvjetima u skladu s pragom perkolacije polimernog kompleksa PEDOT:PSS da bi se pripremila vodljiva disperzija. Aluminijski uređaj i pleksiglas komora (kada) razvijene su za naslojavanje GF/PP pređe putem valjaka za izradu tekstilnih senzora. Prema rezultatima predistraživanja, tekstilni senzori pripremljeni su s dva vodljiva nanosa između primijenjenih zaštitnih nanosa (vodena disperzija kopolimera akrilnih estera, Latex Appretan 96100) [16,17].

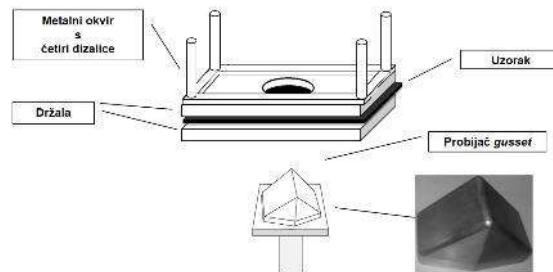
3D tekstilni predoblik izrađen je postupkom tkanja s GF/PP pređom s dimenzijama 300 x 300 x 8 mm<sup>3</sup> (3D tkanina s interlok ojačanjem po osnovi A-L 6 2-2 keper 2-2) na listovnom tkalačkom stanu opremljenom s posebnim uređajem za napetost pređe u smjeru osnove (gustoća osnove i potke 9 niti/cm). Općenito, kod *sloj-po-sloj* 3D tkanina s interlok ojačanjem po osnovi, pređa osnove međusobno povezuje (zahvaća) istovremeno više slojeva strukture.

Tekstilni senzori ugrađeni su u središtu i na rubnim mjestima na gornjoj i donjoj strani 6-slojevite 3D tkanine s interlok ojačanjem po osnovi za praćenje stanja strukture tijekom stamping postupka (Slika 1a,b) [18-20].



**Slika 1:** Prikaz 3D tkanine s interlok ojačanjem po osnovi (a), položaj tekstilnih senzora u smjeru osnove i potke (b), položaj mjernih točaka (c) [14,18]

Sustav za stamping analizu razvijen je u laboratoriju GEMTEX, Roubaix, Francuska. Probijač se postavlja na pneumatski cilindar i povezan je s matricom (otvoreni kalup). Četiri dizalice nose metalni okvir kvadratnog oblika za jednaku raspodjelu pritiska sa sučeljem za praćenje razvoja sile izvlačenja. Na početku stamping postupka primjenjuje se pritisak od 0,2 MPa (Slika 2) [14,18-20].

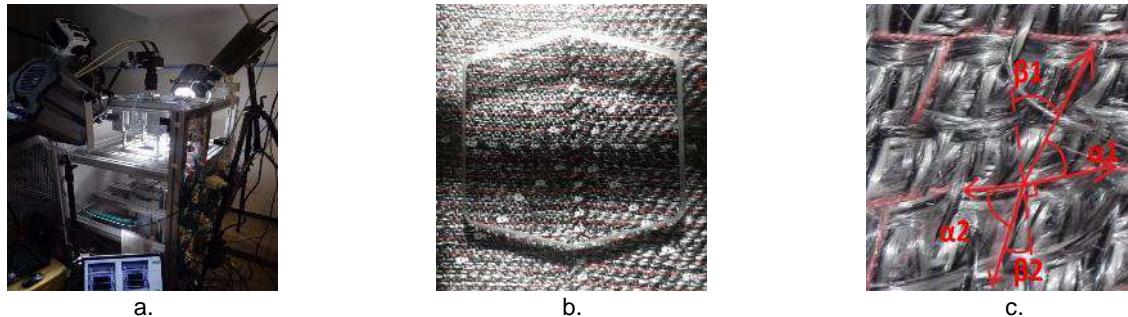


**Slika 2:** Shema stamping sustava

Specifičnost ovog sustava su držala i otvoreni kalup koji su izrađeni od providnog pleksiglasa (Slika 3), te je tako omogućeno promatranje preoblikovanja 3D tekstilnog predoblaka *in situ* u sustavu, analizirajući deformacije snimanjem fotografija, izravnim mjerjenjem kutova, itd.

Stamping postupak s probijačem *gusset* (geometrijskim oblikom nalik dijamantu) je izведен da bi se postigla asimetrična deformacija 3D tekstilnog predoblaka s ugrađenim tekstilnim senzorima. Važno je istaknuti da je moguće koristiti i druge manje složene probijače.

Povlačenje materijala je izmjereno u smjeru osnove i potke putem slika snimljenih fotografskim aparatom sa središnje točke 3D tkanine s interlok ojačanjem po osnovi i okomito na površinu ovog uzorka s prihvativljive udaljenosti. Ravnalo se postavlja na 3D tekstilnom predoblaku kao mjerno pomagalo. Vrijednosti povlačenja materijala odgovaraju iskorištenoj duljini 3D tekstilnog predoblaka tijekom stamping postupka.



**Slika 3:** Stamping analiza 3D tekstilnog predoblaka s ugrađenim tekstilnim senzorima: (a) stamping sustav, (b) pleksiglas okvir za podešavanje uzorka, (c) mjerjenje kuta smicanja

Kut smicanja određuje se također putem snimljenih slika. To je okomita dopuna kuta osnove i potke pređe. Za kut smicanja, izračunava se srednja vrijednost  $\beta_1$  i  $\beta_2$  (Slika 3c). Kliznuće vanjskih slojeva računa se pomoću projekcija dviju vanjskih točaka na središnjoj ravnini i udaljenosti ovih projekcija.

### 3. Rezultati i rasprava

Stamping postupak je izведен da bi se ispitalo ponašanje 3D tkanine s interlok ojačanjem po osnovi s ugrađenim tekstilnim senzorima. Vrijednosti električnog otpora nakon njihove izrade, ugradnje u 3D tekstilni predoblik i pritiska u stamping postupku prikazane su u Tablici 1.

**Tablica 1:** Mjerne vrijednosti električnog otpora tekstilnih senzora

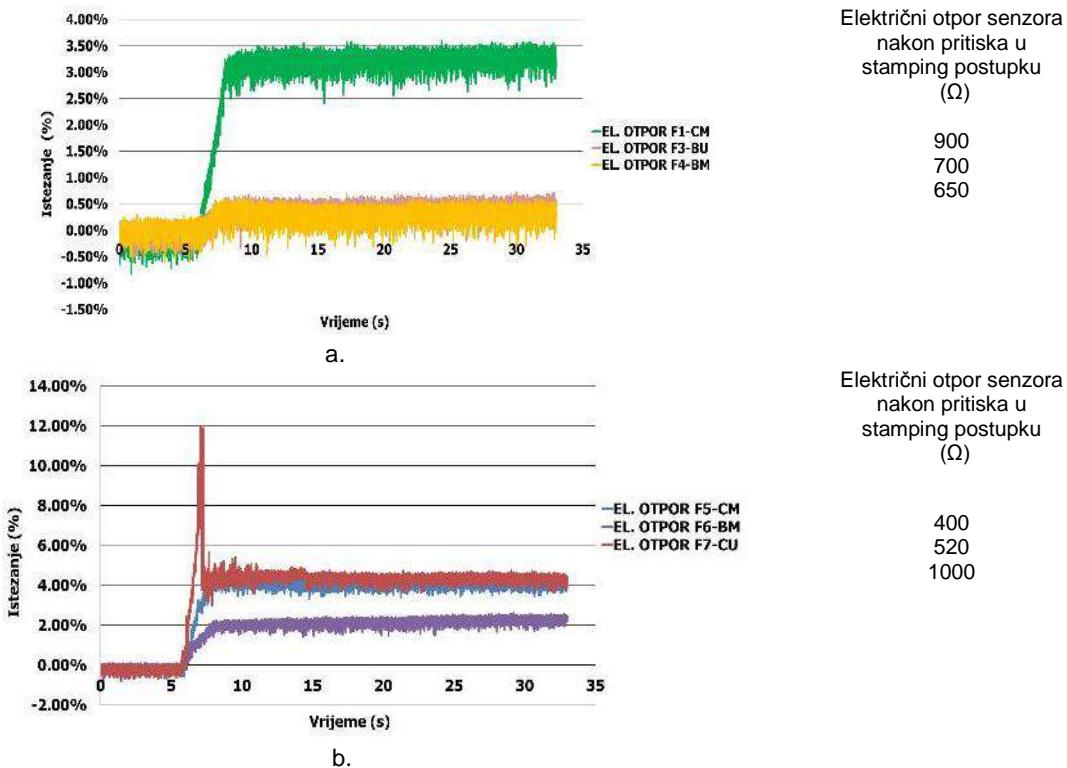
Oznaka uzorka	Električni otpor senzora nakon izrade ( $\Omega$ )	Električni otpor senzora nakon ugradnje u 3D tekstilni predoblik ( $\Omega$ )	Električni otpor senzora nakon pritiska u stamping postupku ( $\Omega$ )	Analog
F-1	400	860	900	0
F-2	690	790	800	1
F-3	510	630	700	2
F-4	230	240	650	3
F-5	350	380	400	4
F-6	540	680	520	7
F-7	820	960	1000	6
F-8	320	350	700	5
Srednja vrijednost	483	611	709	-
Standardna devijacija	198	262	194	-

U ovom radu su istovremeno zabilježena mjerena istezanja osam tekstilnih senzora (Slika 1b):

- u smjeru osnove u SREDIŠTU uzorka, GORNJI i SREDNJI sloj, WP - CU i CM
- u smjeru osnove na RUBNOM mjestu uzorka, GORNJI i SREDNJI sloj, WP - BU i BM
- u smjeru potke u SREDIŠTU uzorka, GORNJI i SREDNJI sloj, WF - CU i CM
- u smjeru potke na RUBNOM mjestu uzorka, GORNJI i SREDNJI sloj na rubu uzorka, WF - BU i BM

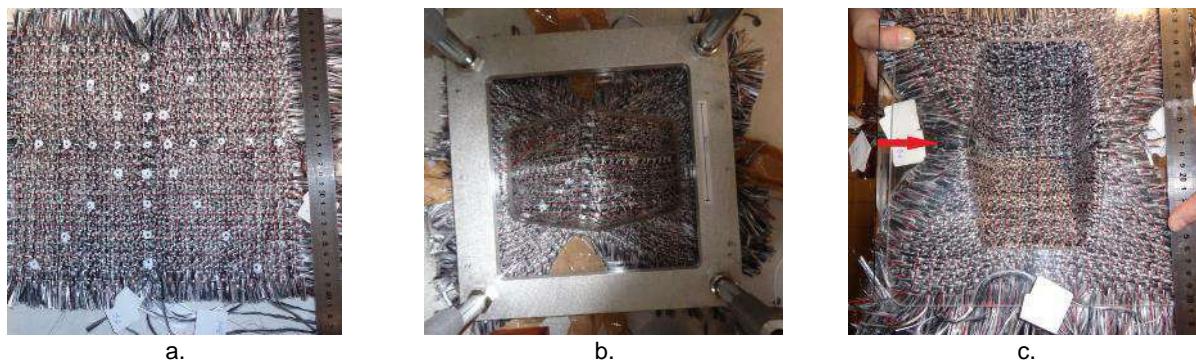
Istezanja ovih senzora istovjetna su ponašanju cijelokupne 3D strukture tijekom stamping postupka [18].

Vrijednosti električnog otpora ( $\Omega$ ) novo razvijenih tekstilnih senzora nakon pritiska u stamping postupku su neznatno veće u odnosu na vrijednosti električnog otpora nakon njihove izrade i ugradnje u 3D tekstilni predoblik radi manje deformacije ove 3D tkanine s interlok ojačanjem po osnovi.



**Slika 4:** Mjerenja istezanja tekstilnih senzora u stamping postupku: a) smjer potke, b) smjer osnove

Mjerenja istezanja tekstilnih senzora 3D tekstilnog predoblaka su mnogo veća u smjeru osnove radi položaja u ispitnom uzorku. Osim toga, mjerenja izvedena u središtu važnija su od onih na rubnim mjestima uzorka (Slika 4, 5).

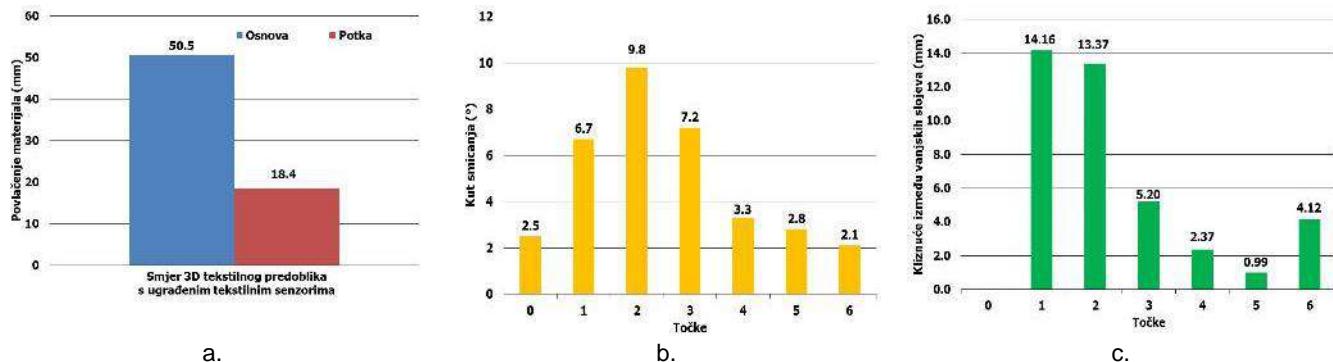


**Slika 5:** 3D tekstilni predoblik s ugrađenim tekstilnim senzorima: (a) prije stamping postupka, (b) nakon stamping postupka - gornja površina, (c) nakon stamping postupka - donja površina

Mjerenja povlačenja materijala, kutova smicanja i kliznuća vanjskih slojeva izvršena su nakon stamping postupka. Preciznost ovih mjerena je  $\sim 1$  mm za povlačenje materijala i kliznuća vanjskih slojeva, a  $1^\circ$  do  $2^\circ$  za kutove smicanja (Slika 6).

Do povlačenja materijala (izravno mjerenje) značajnije dolazi u smjeru osnove (Slika 6a). Kut smicanja je izrazito visok u točki 2, dok je u točkama 5 i 6 između  $2^\circ$  i  $3^\circ$ . Središnja točka 0 pokazuje kut smicanja također

oko 2,5°. Kritičan dio pomicanja pređe 3D tekstilnog predoblaka je u smjeru osnove (Slika 6b). Veći učinak kliznuća vanjskih slojeva uzorka primijećen je u smjeru osnove (točke 1, 2, 3) (Slika 6c).



**Slika 6:** Analiza 3D tekstilnog predoblaka s ugrađenim tekstilnim senzorima nakon stamping postupka: a) povlačenje materijala, b) kut smicanja, c) kliznuće vanjskih slojeva

Konačno, pređa u smjeru osnove pokazuje veću pokretljivost u 3D tkanini s interlok ojačanjem po osnovi nego pređa u smjeru potke bez utjecaja na kretanje cijele 3D tekstilne strukture.

#### 4. Zaključak

Stamping postupak je izведен da se ispita ponašanje 3D tkanine s interlok ojačanjem po osnovi s novo razvijenim tekstilnim senzorima i usporedi pređa u smjeru osnove i potke unutar strukture. Mjerenja istezanja ovih senzora su mnogo veća u smjeru osnove radi njihovog položaja u 3D tekstilnom predoblaku. Izvedena mjerenja u središtu važnija su od onih na rubnim mjestima ispitnog uzorka. Konačno, pređa u smjeru osnove pokazuje veću pokretljivost u strukturi nego pređa u smjeru potke bez utjecaja na kretanje cijele 3D tekstilne strukture.

#### Literatura

- [1] Morgan, A. B., i sur.: Cone calorimeter testing of S2 glass reinforced polymer composites, *Fire and Materials*, **33** (2009) 7, str. 323-344, ISSN 1099-1018
- [2] Cerqueira, E. F., Baptista, C. A. R. P., Mulinari, D. R.: Mechanical behaviour of polypropylene reinforced sugarcane bagasse fibers composites, *Procedia Engineering*, **10** (2011), str. 2046-2051, ISSN 1877-7058
- [3] Hufenbach, W., i sur.: Polypropylene/glass fibre 3D-textile reinforced composites for automotive applications, *Materials & Design*, **32** (2011) 3, str.1468-1476, ISSN 0264-1275
- [4] Risicato, J. V., i sur.: A complex shaped reinforced thermoplastic composite part made of commingled yarns with integrated sensor, *Applied Composite Materials*, **22** (2015) 1, str. 81-98, ISSN 0929-189X
- [5] Cristian, I., i sur.: *Electro-conductive sensors and heating elements base on conductive polymer composites in woven structures*, U *Advances in modern woven fabrics technology*, Vassiliadis, S. (ur.), In Tech, ISBN 978-953-307-337-8 (2011), str. 3-22.
- [6] Hou, Y., i sur.: Strain rate effects on tensile failure of 3-D angle-interlock woven carbon fabric, *Materials & Design*, **46** (2013), str. 857-866, ISSN 0264-1275
- [7] Ha-Minh, C., i sur.: Analysis on failure mechanisms of an interlock woven fabric under ballistic impact, *Engineering Failure Analysis*, **18** (2011) 8, str. 2179-2187, ISSN 1350-6307
- [8] Nauman, S., Cristian, I., Koncar, V.: Intelligent carbon fibre composite based on 3D-interlock woven reinforcement, *Textile Research Journal*, **82** (2012) 9, str. 931-944, ISSN 1746-7748
- [9] Najjar, W., i sur.: A simple discrete method for the simulation of the preforming of woven fabric reinforcement, *Key Engineering Materials*, **504** (2012), str. 213-218, ISSN 1662-9795
- [10] Allaoui, S., i sur.: Experimental and numerical analyses of textile reinforcement forming of a tetrahedral shape, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, **42** (2011) 6, str. 612- 622, ISSN 1359-835X
- [11] Khan, M. A., i sur.: Numerical and experimental analyses of woven composite reinforcement forming using a hypoelastic behavior, Application to the double dome benchmark, *Journal of Materials Processing Technology*, **210** (2010) 2, str. 378-388, ISSN 0924-0136
- [12] Gereke, T., i sur.: Experimental and computational composite textile reinforcement forming: A review, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, **46** (2013), str. 1-10, ISSN 1359-835X

- [13] Zhu, B., i sur.: Experimental investigation of formability of commingled woven composite preform in stamping operation, *Composites Part B: Engineering*, **42** (2011) 2, str. 289-295, ISSN 1359-8368
- [14] Dufour, C., i sur.: Experimental investigation about stamping behaviour of 3D warp interlock composite performs, *Applied Composite Materials*, **21** (2013) 5, str. 725-738, ISSN 0929-189X
- [15] Nauman, S., Cristian, I., Koncar, V.: Simultaneous application of fibrous piezoresistive sensors for compression and traction detection in glass laminate composites, *Sensors*, **11** (2011) 10, str. 9478-9498, ISSN 1424-8220
- [16] Jerković, I., i sur.: E-glass/polypropylene sensor yarns developed by roll to roll coating procedure, *Proceedings of 5<sup>th</sup> ITMC International Conference*, Lahlou, M. & Koncar, V. (ur.), str. 68-74, ISBN 978-9954-36-349-2, Casablanca, Maroko, studeni, 2015, ESITH & ENSAIT
- [17] Grancarić, A. M., i sur.: Surface free energy of sensor yarns and textile reinforced thermoplastic composites, *Proceedings of 16<sup>th</sup> AUTEX World Textile Conference*, Simončič, B., Tomšič, B., Gorjanc, M. (ur.), str. 6-11-1-6-11-6, ISBN 978-961-6900-17-1, Ljubljana, Slovenija, lipanj, 2016, Sveučilište u Ljubljani
- [18] Dufour, C., i sur.: Global and local observations of 3D warp interlock fabric behaviour during forming process, *ESAFORM 2016*, str. 170017-1-170017-4, Nantes, France, travanj, 2016, *AIP Conference Proceedings* 1769
- [19] Zhu, B., i sur.: Experimental investigation of formability of woven textile composite preform in stamping operation, *International Journal of Material Forming*, **1** (2008) 1, str. 969-972, ISSN 1960-6214
- [20] Najjar, i sur.: Analysis of the blank holder force effect on the preforming process using a simple discrete approach, *Key Engineering Materials*, **554** (2013), str. 441-446, ISSN 1662-9795

## Zahvala

Autori zahvaljuju Europskoj komisiji na finansijskoj potpori projektu MAPICC 3D iz poziva FP7-NMP-2010-3.4-1 - N° 263159: *One-shot Manufacturing on large scale of 3D up graded panels and stiffeners for lightweight thermoplastic textile composite structures*.

### Autori:

Ivona JERKOVIĆ, dipl. ing.:

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

Tel: +(385) (1) 48 77 360

Fax: +(385) (1) 48 77 355

E-mail: ivona.jerkovic@ttf.hr

Prof. dr. sc. Ana Marija GRANCARIĆ:

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

Tel: +(385) (1) 48 77 360

Tel: +(385) (1) 48 77 355

E-mail: amgranca@ttf.hr

Dr. sc. Clément DUFOUR:

Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles, laboratorij GEMTEX

2 allée Louise et Victor Champier, BP 30329, 59056 Roubaix Cedex 1, Francuska

Tel: +(33) 3.20.25.64.76

Fax: +(33) 3.20.27.25.97

E-mail: clement.dufour59@gmail.com

Prof. dr. sc. Francois BOUSSU:

Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles, laboratorij GEMTEX

2 allée Louise et Victor Champier, BP 30329, 59056 Roubaix Cedex 1, Francuska

Tel: +(33) 3.20.25.64.76

Fax: +(33) 3.20.27.25.97

E-mail: fboussu@gmail.com

Prof. dr. sc. Peng WANG:

Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles, laboratorij GEMTEX

2 allée Louise et Victor Champier, BP 30329, 59056 Roubaix Cedex 1, Francuska

Tel: +(33) 3.20.25.89.47

Fax: +(33) 3.20.27.25.97

E-mail: peng.weng@ensait.fr

Prof. dr. sc. Vladan KONČAR:

Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles, laboratorij GEMTEX

2 allée Louise et Victor Champier, BP 30329, 59056 Roubaix Cedex 1, Francuska

Tel: +(33) 3.20.25.89.59

Fax: +(33) 3.20.27.25.97

E-mail: vladan.koncar@ensait.fr

## ISTRAŽIVANJE OTPORNOSTI PROLASKU TOPLINE RAZLIČITIH KOMBINACIJA MUŠKE ODJEĆE

### INVESTIGATION OF RESISTANCE TO THE PASSAGE OF HEAT FOR DIFFERENT MEN'S CLOTHING COMBINATIONS

Snježana FIRŠT ROGALE; Monika BENIĆ & Dubravko ROGALE

**Sažetak:** U radu je prikazano ispitivanje otpornosti prolasku topline različitih kombinacija muške odjeće. Ispitivanja su izvedena na mjernom sustavu za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava i odjeće koji je patentno zaštićen, realiziran, umјeren i instaliran u Laboratoriju za procesne parametre Zavoda za odjevnu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog Fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Sustav se sastoji od segmentiranog metalnog odljevka oblikovanog prema ljudskom tijelu, tzv. termalnog manekena koji omogućava statička i dinamička mjerjenja pri simulaciji hodanja čovjeka, a nalazi se u posebno projektiranoj klima komori te ima pripadajući softver za upravljanje termalnim manekenom, za mjerjenje na termalnom manekenu i softver za upravljanje klima komorom. Istraživanja su izvedena u statičkom modu prema normi HRN EN ISO 15831. Utvrđeno je da se slojevitim oblaćenjem odjeće povećava sveukupni toplinski otpor odjevnog sustava. U radu su izmjerene i prikazane vrijednosti toplinskog otpora za najčešće odjevne kombinacije koje se koriste u svakodnevnom životu.

**Abstract:** The paper describes the investigation of resistance to the passage of heat for different men's clothing combinations. Tests were performed on the measuring system for determining static and dynamic thermal properties of composites and clothing. It was patent-protected, designed, calibrated and installed at the Faculty of Textile Technology, in the Laboratory for Process Parameters. The system consists of the segmented metal cast shaped according to human body, the so-called thermal manikin enabling static and dynamic measurements with the simulation of walking. It is located in a specially designed climatic chamber and it has an appropriate software to control the thermal manikin, to take measurements on the thermal manikin and a software to control the climatic chamber. The tests were performed in the static mode according to standard HRN EN ISO 15831.

**Ključne riječi:** otpornost prolasku topline, termalni maneken, statički mod, ISO 15831.

**Keywords:** thermal resistance, thermal manikin, the static mode, ISO 15831.

#### 1. Uvod

Mjerjenje izolacijskih svojstava kompozita i odjeće je zahtjevna metoda ovisna o mjernoj tehnici i mjernoj opremi kojom se provodi mjerjenje. Međunarodni standard ISO 15831 je jedan od standardnih testova na području odjevne udobnosti. Fizička svojstva tekstilnih materijala koja doprinose fiziološkoj udobnosti uključuju složenu kombinaciju prijenosa topline i mase vodene pare, odnosno znoja. Ovaj međunarodni standard specificira otpornost prolasku topline tkanina, filmova, premaza, pjena i kože, uključujući i višeslojne tekstilne tvorevine koje se koriste za izradu odjeće, prekrivača, vreća za spavanje, presvlaka za namještaj i sličnih tekstilnih tvorevinu, pod točno određenim uvjetima [1].

Jedinica prihvaćena u odjevnom inženjerstvu za iskazivanje i mjerjenje otpornost prolasku topline naziva se Clo, a obuhvaća otpornost prolasku topline svih slojeva odjeće u odjevnom sustavu kao i slojeva zarobljenog zraka između kože i pojedinih slojeva odjeće. Jedan Clo toplinske izolacije predstavlja iznos kada odjeća uravnoteži proizvodnju i gubitak topline [2-3]. Gagge [4] definira vrijednost jedinice 1 Clo kao toplinsku izolaciju odjevnog sustava koji održava udobnost čovjeka, prosječne površine tijela od  $1,77 \text{ m}^2$  koji se sjedeći odmara u ugodno prozračnoj sobi, pri strujanju zraka od  $0,1 \text{ ms}^{-1}$ , temperaturi zraka od  $21^\circ\text{C}$  i relativnoj vlažnosti manjoj od 50%. Jedinica Clo je nastala na temelju jednakosti  $1 \text{ Clo} = 0,155 \text{ m}^2\text{K}^{-1}\text{W}$  [3]. U cilju jednostavnije percepcije te jedinice valja istaknuti da golo ljudsko tijelo ima vrijednost izolacije od 0,0 Clo. Vrijednost od 1,0 Clo u navedenim uvjetima ima odjevni sustav koji se sastoji od donjeg rublja, čarapa, košulje i tipičnog poslovnog odijela. Druga mjerna jedinica koja se također koristi za mjerjenje otpornost prolasku topline kroz odjevni sustav je Tog, a iznosi 0,645 Clo [5-6]. Ovisno o uvjetima u kojima osoba boravi i aktivnostima kojima se bavi, treba biti odjeven u različite odjevne kombinacije kako bi dosegao toplinski udobnost, tab. 1 [7].

Tablica 1: Vrijednosti Clo jedinica za pojedine aktivnosti

Temperatura okoliša, °C	Relativna vlažnost zraka, %	Aktivnost	Clo
6	50	rad u hladnjaci	1,7
18		posao automehaničara	0,8
24,5		rad u uredu	0,5

Izračunom ukupne izolacije odjeće u Clo jedinicama dobiva se približna vrijednost izolacijskih svojstava kombinacije odjevenih odjevnih predmeta. Međutim, ako se traži točna vrijednost potrebno je koristiti mjerni sustav, jer vrijednost izolacije značajno ovisi i mijenja se ovisno o osnovnoj konstrukciji odjevnog predmeta, komocijskim dodacima, modelu, posebno o vrsti osnovne tkanine, njenoj debljini, apreturi, vezu, gustoći niti, zrakopropusnosti i drugim tehničkim detaljima [8]. Prema Olivera S. i sur. odjevni sustav namijenjen za proljeće ima prosječnu vrijednost iznosi 0,67 Clo, za ljeto 0,4 Clo, jesen 0,57 Clo, a zimu 1,3 Clo. Najveća Clo vrijednost odnosi se na odjeću u koju su odjeveni Eskimi (krznene hlače, kaput s kapuljačom, rukavice i sl.), a iznosi 3,5-4,0 Clo [7].

## 2. Mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava odjeće

Za potrebe ovog rada određivanje vrijednosti otpornosti prolaska topline odjevnog sustava koristio se mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava odjeće [9] instaliranom na Tekstilno-tehnološkom fakultetu. Mjerni sustav se sastoji od vruće ploče, metalnog odljevaka od 24 grijana segmenta u obliku ljudskog tijela, tzv. termalnog manekena, (sl. 1), te pripadajuće programske podrške:

1. programska podrška za upravljanje metalnim modelom ljudskog tijela (izbor segmenata i određivanje temperature pojedinih segmenata modela),
2. programska podrška za mjerjenje toplinskih svojstava odjeće na modelu ljudskog tijela s dobivanjem rezultata u jedinicama otpora prolazu topline [ $m^2 \text{KW}^{-1}$ ] te u jedinicama toplinske izolacije [Clo],
3. programska podrška za upravljanje klima komorom (određivanje temperature okoliša i brzine strujanja zraka te praćenje vlažnosti zraka u okolišu),
4. programska podrška za mjerjenje i upravljanje vrućom pločom (određivanje temperature vruće ploče i otpora prolazu topline [ $m^2 \text{KW}^{-1}$ ] tekstilija).

Određivanje otpornosti prolaska topline obavlja se u trenutku uspostave toplinske ravnoteže korištenjem sustava senzora i poznatih podataka pomoću posebno konstruiranog unutarnjeg mikroračunalnog sklopa za svaki segmentirani odljevak. Unutar odljevaka tijela manekena instalirani su električni grijaci, senzori temperature, 14 mikrokontrolerskih sklopova i pneumatski sustav za pokretanje ruku i nogu. Pri određivanju dinamičkih toplinskih svojstava odjeće, simulira hodanje na način da se protufazno pokreću obje ruke i noge. Brzina gibanja ekstremiteta se može mijenjati u širokom rasponu (od 0-60 koraka/min) i točno namjestiti zračnim prigušnicama tako da se npr. može ostvariti brzina pokretanja od  $45 \pm 2$  dvostruka koraka/min i  $45 \pm 2$  dvostruka pokreta rukama/min kod hoda, što odgovara normi HRN EN ISO 15831 [10].

Prema normi HRN EN ISO 15831 temperature mjerena u segmenata termalnog manekena moraju biti u rasponu od  $33,8\text{-}34,2$  °C, brzina strujanja zraka  $0,39\text{-}0,41$  m/s, a vlažnost zraka između 30 i 50%. Razlika između temperature tijela termalnog manekena i temperature u klima komori mora biti najmanje  $12$  °C. Temperaturni regulator na temelju podataka temperaturnih senzora mora održavati temperaturu mjerne površine unutar granica od  $\pm 0,1$  °C. Toplinska snaga koja se dovodi mjernom sustavu se mjeri unutar  $\pm 0,1$  % od ukupnog raspona [11-12].

Nakon uspostave zadanih uvjeta u okolišu, za upravljanje i mjerjenje parametara (temperature, relativne vlažnosti i brzine strujanja) okolišnog zraka u mjernom sustavu određuje se konstanta toplinskog otpora prazne površine termalnog manekena zajedno s graničnim slojem zraka uz površinu termalnog manekena  $R_{ct0}$  koja se određuje izrazom (1):

$$R_{ct0} = \frac{(T_s - T_a) \cdot A}{H_m} \quad (1)$$

gdje je:

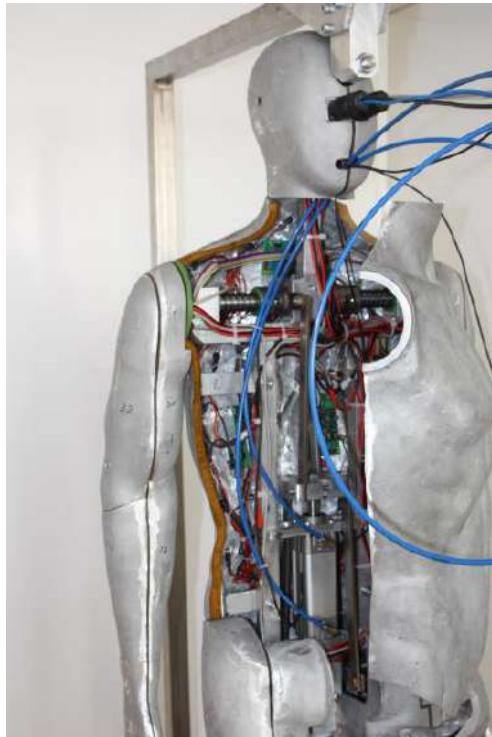
R<sub>ct0</sub> - ukupni toplinski otpor prazne površine termalnog manekena zajedno s graničnim slojem zraka uz površinu, [m<sup>2</sup> °C W<sup>-1</sup>]

A - površina na kojoj se izvodi mjerjenje, [m<sup>2</sup>]

T<sub>s</sub> - površinska temperatura mjerne ploče, [°C]

T<sub>a</sub> - temperatura okolnog zraka, [°C] i

H<sub>m</sub> - električna snaga potrebna za zagrijavanje prazne mjerne površine, [W]



Slika 1: Unutrašnjost termalnog manekena

Nakon određivanja konstante toplinskog otpora prazne površine termalnog manekena, na termalni maneken s odijevaju odabrane kombinacije odjevnih predmeta te se prati rad uređaja do postizanja nove toplinske ravnoteže, za svaku pojedinu kombinaciju. Po postizanju ravnoteže, što se vidi po stabilizaciji vrijednosti parametara (brojčano i putem dijagrama), izvodi se niz mjerjenja i izračunavanja toplinske otpornosti R<sub>ct</sub> prema izrazu (2).

$$R_{ct} = \frac{(T_a - T_s) \cdot A}{H_m} - R_{ct0} \quad (2)$$

Toplinska otpornost za pojedinu kombinaciju, odnosno za cijeli odjevni sustav dobiva se u jedinicama [m<sup>2</sup>KW<sup>-1</sup>] i [Clo], kao i dovedena električka snaga (H<sub>m</sub>) potrebna za održavanje temperature mjerne površine na kojoj se nalazi mjerni uzorak.

Mjerni sustav je patentno zaštićen te prikazan užem krugu stručnjaka kroz publiciranja znanstvenih radova. Zahvaljujući Savezu inovatora Zagreb koji je prepoznao vrijednost inovacije te pružio svesrdnu pomoć i podršku, odlučeno je da se znanstveno-istraživački rad na razvoju termalnog manekena prikaže široj javnosti te da se izloži na domaćim i stranim izložbama izuma, inovacija i patenata u cilju međunarodne valorizacije postignutih rezultata. Dobivena priznanja i visoka odličja na uglednim međunarodnim izložbama inovacija i patenata sa strogim ocjenjivačkim sudom ukazuju na originalnost pri izradi i visoki stupanj razvoja na području mjeriteljske tehnike, (sl. 2).

Odbor za dodjelu Državne nagrade tehničke kulture Faust Vrančić dodijelio je prof. dr. sc. Dubravku Rogaleu Godišnju Državnu nagradu tehničke kulture za 2013. godinu Faust Vrančić, za razvoj inteligentne odjeće i mjernih sustava za koje ima 15 inovacija i 21 patent, među kojima je i mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava kompozita i odjeće. Navedeni mjerni sustav dobio je srebrne medalje na *Moscow International Salon of Inventions and Innovation Technologies Archimedes 2014*, *European exhibition of creativity and innovation EUROINVENT 2014*, internacionalnoj izložbi inovacija i novih proizvoda *Macau*

International Innovation and Invention Expo 2014, te na međunarodnom salon inovacija INST Taipei International Invention Show and Technomart 2014, na 39. hrvatskom sajmu inovacija s međunarodnim djelovanjem i 10. izložbi inovacija i prototipova Budi uzor/Inova 2014 te na ARCA 2015 zlatnu medalju.



Slika 2: Nagrade za mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava odjeće

### 3. Rezultati istraživanja otpornosti prolasku topline različitih kombinacija muške odjeće

U svrhu određivanja toplinskih svojstava odjevnog sustava muške odjeće termalni maneken je odjeven u potkošulju, bokserice, čarape, košulju, jeans hlače, jaknu, tzv. "šilt" kapu i cipele, čije su karakteristike prikazane u tab. 2. Mjerena je debljina materijala iz kojih su izrađeni odjevni predmeti pomoću digitalnog mikrometra tt. Toolcraft.

Tablica 2: Sirovinski sastav i debljina materijala pojedinih odjevnih predmeta

Odjevni predmet	Sirovinski sastav	Debljina materijala/mm
Potkošulja	100 % pamuk	0,017
Bokserice	92 % pamuk, 8 % elastan	0,016
Čarape	70 % pamuk, 29 % poliamid, 1 % elastan	0,008
Košulja	98 % pamuk, 2 % elastan	0,227
Jeans hlače	100 % pamuk	0,561
Jakna	osnovna tkanina: 66 % poliestersko vlakno, 34 % pamuk podstavna tkanina: 62 % acetatno vlakno, 38 % viskozno vlakno	0,248 0,106
"Šilt" kapa	100 % pamuk	0,150
Cipele	koža	0,611

Izvedena su mjerena potrebne električne snage za održavanje konstantne temperature svih segmenata termalnog manekena kada je termalni maneken odjeven u različite kombinacije muške odjeće pri sljedećim uvjetima:

- temperatura segmentiranog odljevka od 34 °C,
- temperatura okoliša u klima komori 18 °C,
- brzina zraka u klima komori 0,4 ms<sup>-1</sup>,
- vlažnost zraka 35 %.

Površina tijela termalnog manekena iznosi 1,769 m<sup>2</sup>, a visina 1,72 m što odgovara odjevnoj veličini 52. Mjeranjem potrebne električne snage za održavanje konstantne temperature svih segmenata termalnog manekena kada je termalni maneken odjeven u odjevni sustav muške odjeće u toplinskoj ravnoteži s okolinom, utvrđeno je da potrebna električna snaga za održavanje konstantne temperature pada s povećanjem odjevnih slojeva u odjevnom sustavu. Kod neodjevenog manekena potrebno je 340,87 W, dok kod potpuno odjevenog manekena (kombinacija 8, tab. 3) električna snaga za održavanje konstantne temperature svih

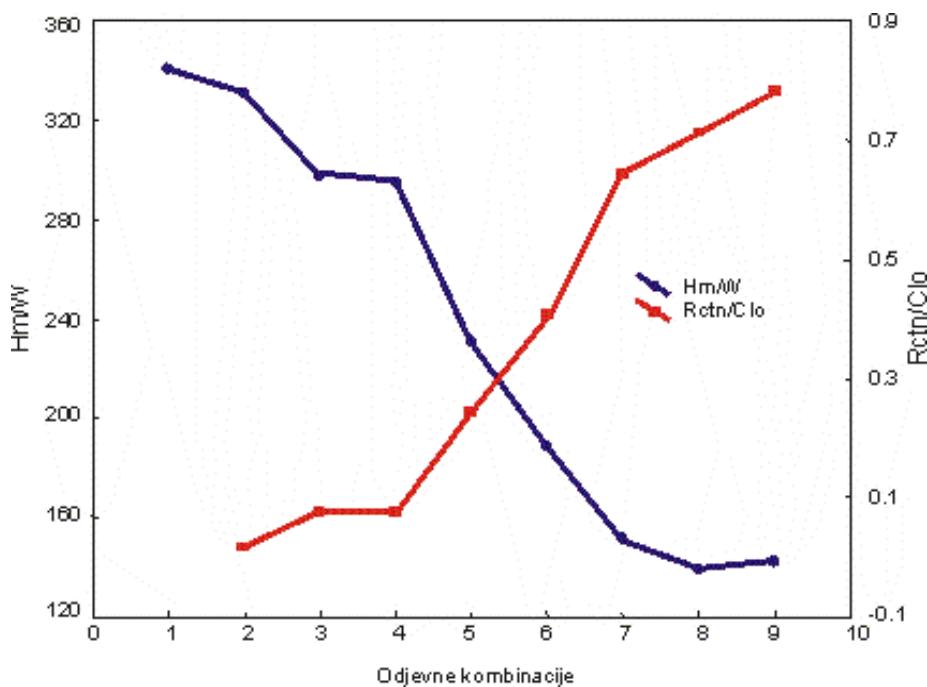
segmenata termalnog manekena iznosi 142,71 W. Konstanta toplinskog otpora prazne površine termalnog manekena zajedno s graničnim slojem zraka uz površinu termalnog manekena  $R_{ct0}$  iznosila je  $0,0777 \text{ m}^2 \text{KW}^{-1}$ .

**Tablica 3:** Parametri toplinske otpornosti prolaska topline pojedinih odjevnih kombinacija

Broj kombinacije	Odjevna kombinacija	$H_m /W]$	$R_{ct0} /m^2 \text{ KW}^{-1}$	$R_{ct}$	
				$\text{m}^2 \text{ KW}^{-1}$	Clo
0.	neodjeveni maneken	340,87	0,0777	-	-
1.	bokserice	331,36		0,003	0,017
2.	bokserice+potkošulja	298,03		0,012	0,076
3.	bokserice+potkošulja+čarape	296,65		0,013	0,077
4.	bokserice+potkošulja+čarape+košulja	231,67		0,038	0,245
5.	bokserice+potkošulja+čarape+košulja+jeans hlače	188,56		0,063	0,409
6.	bokserice+potkošulja+čarape+košulja+jeans hlače+jakna	151,23		0,096	0,643
7.	bokserice+potkošulja+košulja+jeans hlače+jakna+kapa +čarape	138,65		0,110	0,711
8.	bokserice+potkošulja+ košulja+jeans + hlače+jakna+ kapa+ čarape+cipele	142,71		0,116	0,789

Odjevanjem termalnog manekena u različite kombinacije odjevnih predmeta (tab. 3) izmjerene su toplinske otpornosti  $R_{ct}$  potpuno odjevenog termalnog manekena iznosi 0,789 Clo, što bi odgovaralo odjeći koja se nosi u proljeće u vanjskom okolišu ili u zatvorenom prostoru pri 18 °C i relativnoj vlažnosti zraka od 50 % [3].

Iz sl. 3 je vidljivo da smanjenjem potrebne električne snage za održavanje konstantne temperature svih segmenata termalnog manekena raste otpornost prolaska topline.



**Slika 3:** Ovisnost otpornosti prolaska topline o potreboj električnoj snazi za održavanje konstantne temperature za pojedine odjevne kombinacije

#### 4. Zaključak

Ljudska vrsta je tijekom povijesti iskustveno utvrdila pogodnost slojevitog oblačenja u hladnim okolišnim uvjetima. Egzaktnim mjerjenjima na termalnom manekenu utvrđeno je da primjena različitih odjevnih kombinacija može utjecati na toplinski otpor odjevnog sustava, odnosno na prolazak topline s čovječjeg tijela u okoliš. Izmjerene su i prikazane vrijednosti otpora prolaska topline za različite odjevne kombinacije koje se kreću od  $0,003 \text{ m}^2 \text{ KW}^{-1}$  do  $0,116 \text{ m}^2 \text{ KW}^{-1}$ .

## Literatura

- [1] Firšt Rogale, S.; Rogale, D.; Nikolić G.; Dragčević Z.: Inteligentna odjeća, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, ISBN 978-953-7105-52-5, str. 396, Zagreb, 2014
- [2] Parsons, K.C. et al.: The effect of wind and human movement on the heat and vapour transfer properties of clothing , Annals of Occupational Hygiene, 43(5), str.347-352, 1991
- [3] Geršak, J. & Marčič, M.: Assessment of thermophysiological wear comfort of clothing systems, Tekstil 10 (2008) 57, str. 497-505, ISSN 0492-5882
- [4] Gage, A.P.: A practical system of units for the description of heat exchange of man with his environment, Science, 94, str. 428-430, 1941.
- [5] Majstorović G.: Određivanje toplinskih svojstava namjenske i inteligentne odjeće tijekom njihovog tehničkog projektiranja, doktorski rad, 2015, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet
- [6] Shang, C.: Section 3 - Thermal Comfort, ENV-2D02 (2006):Energy Conservation – power point versions of lectures, *Dostupno na: www.uea.ac.uk, Pristupljeno:* travanj 2015.
- [7] Oliveira A. V. M., Branco V. J., Gaspar A. R, Quintela D. A.: Measuring Thermal Insulation of Clothing with Different Manikin Control Methods. Comparative Analysis of the Calculation Methods, 7th International Thermal Manikin and Modelling Meeting - University of Coimbra, September 2008
- [8] Fanger P. O.: Thermal comfort, McGraw-Hill Book Company 1972
- [9] Rogale, D. & Nikolić G.: The measurement system for the determination of static and dynamic thermal properties of composites and clothing, State Intellectual Property Office of the Republic of Croatian, P20130350A, 2013
- [10] Odjeća -- Fiziološki učinci -- Mjerjenje toplinske izolacije s pomoću toplinske lutke, HRN EN ISO 15831:2005 = Clothing -- Physiological effects -- Measurement of thermal insulation by means of a thermal manikin (ISO 15831:2004; EN ISO 15831:2004)
- [11] Firšt Rogale, S.; Rogale, D.; Majstorović G.: Thermoinsulation Properties of Intelligent Clothing with Adaptive Thermal Protection, Book of Proceedings of the 6th International Textile, Clothing and Design Conference – Magic World of Textiles, Dragčević, Z. (ed.), Zagreb. Faculty of Textile Technology University of Zagreb, 2012, str. 610-616, ISSN 1847-7275, ISBN 953-96408-8-1
- [12] Rogale D.; Firšt Rogale S.; Špelić I.: Development of the Measuring System for Analysing the Thermal Properties of Clothing, Book of Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Textile, Clothing and Design Conference – Magic World of Textiles, Dragčević, Z. (ed.), Zagreb. Faculty of Textile Technology University of Zagreb, 2014, str. 322-327, ISSN 1847-7275, ISBN 978-953-7105-54-9

## Autor(i):

Izv. prof. dr. sc. Snježana FIRŠT ROGALE; Monika BENIĆ, dipl. inž; prof. dr. sc. Dubravko ROGALE  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

Tel: +(385) (1) 3712 553

Fax: +(385) (1) 3712 599

E-mail: sfrogale@ttf.hr  
monika.tunic1990@gmail.com  
dubravko.rogale@ttf.hr

## IZRADA KOLEKCIJE ČARAPA INSPIRIRANIH ORNAMENTIKOM ROKOKOA

### DESIGN OF SOCKS COLLECTION INSPIRED BY ROCOCO ORNAMENTATION

Matija LUŠIČIĆ & Vesna Marija POTOČIĆ MATKOVIĆ

**Sažetak:** Čarapama se ne pridaje prevelika pažnja, ali postale su važan segment odijevanja, danas imaju status modnog dodatka. Sloboda modne industrije je u punom jeku, dizajnirane modne čarape nikad nisu bile bolje prihvaćene i zbog toga je cilj rada izraditi dizajnerske čarape na čaraparskom automatu s motivima davnog rokokoa. Ornamentika rokokoa je glavni motiv i inspiracija za eksperimentalni dio gdje su napravljeni likovni uzorci koji se pomoću računala eksportiraju na upravljački program čaraparskog automata. Tako je u radu, na proizvedenim čarapama prikazan spoj suvremene tehnologije i ornamentike rokokoa iz 18. stoljeća.

**Abstract:** There has been given too little attention to socks, but lately, they have become an important segment of clothing and got the status of a fashion accessory. Freedom of the fashion industry is now in a full swing and designer fashion socks has never been better accepted, so, therefore the aim of this work is to make designer socks on hosiery knitting machine with rococo motives. Rococo ornamentation is the main inspiration for the experimental part where art patterns have been drawn and exported to the driver of hosiery knitting machine. In this work was presented the compound between modern technology and rococo ornamentation.

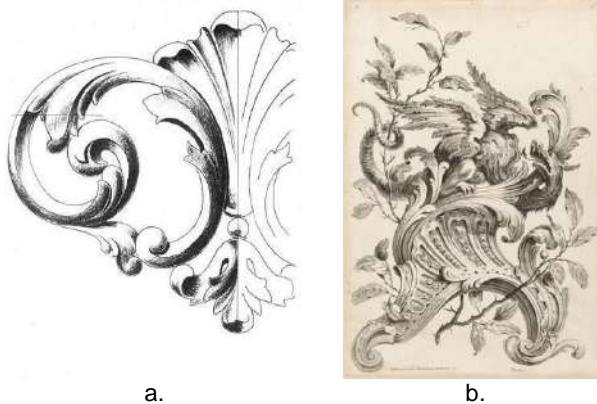
**Ključne riječi:** dizajn, čarape, ornameenti, rokoko

**Keywords:** design, socks, ornaments, rococo

#### 1. Uvod: ornamentika rokokoa

Rokoko je naziv za francusku umjetnost i unutarnji dizajn 18. stoljeća. Riječ rokoko kombinacija je od dijelova riječi coquillage (školjka) i rocaille (kamen) u kojima još odzvanja talijanska riječ barocco, a koje označuju građu od nepravilnih školjki i oblataka kojima su se ukrašavale šipile u perivojima [1]. Rokoko se smatra završnom fazom baroka. Međutim, ako se pretjerano naglašava koliko rokoko u stilskom pogledu duguje baroku, postoji mogućnost da se zanemare temeljne razlike među njima. Zapravo glavna razlika među njima je u mašti. Dok nam barok predočava kazalište u velikom mjerilu, rokoko to čini u malom i intimnom. Rokoko je istodobno ležerniji i nježniji, podjednako zaigran, čudljiv i čeznutljiv. Umjetnost rokokoa uspijeva dočarati začarani svijet što nam omogućuje povremeni bijeg od stvarnoga života. Rokoko je najprije i najviše procvalo u dekorativnim umjetnostima. Soba, ali i samo jedan jedini komad namještaja, zahtjevali su usluge brojnih obrtnika — stolara, rezbara, zlatara, srebara, tapetara, izrađivača porculana — a svi su nastojali stvoriti skladnu cjelinu, iako je svaki obrt bio po tradiciji zasebna specijalnost sa svojim strogim propisima [1].

Iako je ornament sveprisutan otkako se pojавilo ukrašavanje predmeta i okoline koje nas okružuje, ornament koji kao da imitira izvijeno granje, s uzorkom cvjetova, javlja se u umjetnosti renesanse, kada strogoća gotike počinje blijedjeti. Na renesansu se nastavlja ornament baroka takozvani scrollwork ornament, a iz baroknog se razvija ornament rokokoa, takozvani rocaille (slika 1.). Na prvi pogled, teško je prepoznati razliku između ta dva ornamenta, ono što iz čini drugačijima je tehnika izrade, bogatstvo detalja te dubina trodimenzionalnosti. Dok je u renesansi ornament blag, nenaglašen, u baroku sa svojom predimenzioniranošću, dubokim urezima, što stvara velike sjene, dospijeva skoro pa u prvi plan. Rocaille se od baroknog ornamenta zapravo razlikuje samo po jednom sitnom, a zapravo bitnom detalju, a to je asimetričnost. Glavni izvor inspiracije pronalazio je u prirodi tog podneblja i u egzotičnoj prirodi, kao i u ornamentalnim elementima iz drevnih vremena i mitskim bićima.



a.

b.

**Slika 1:** a. Scrollwork i b. rocaille [2]

Dekoracija rokokoa – sa svojim dijelom predmetnim, a dijelom apstraktним oblicima školjaka i bilja i smionim zamasima u C i S krivuljama – ušla je, ne samo u unutrašnju opremu prostorija, kao u Francuskoj, već je prodrla i u ukras pročelja, u kartuše prozora i zabate pročelja (slika 2).



**Slika 2:** C i S krivulje u rocailleu [1]

Odjeća i dizajn interijera bili su usko povezani: pravilan rez, precizni oblik i proporcija, prikladne boje i materijal, jedne su od odlika kojima se težilo u oba područja. Umjetnici traže najbolji način za istaknuti i prikriti kako ljudsko tijelo tako i unutarnji prostor s kojim dolaze u svakodnevni kontakt na način da im daju vizualni izričaj. Vrlo često su korišteni cvjetni elementi, dinamični oblici i kao neka vrsta iluzije. Kod rokokoa, za razliku od baroka, u ukrašavanju se čak pretjeruje, može se čak definirati i kao ekstremno ukrašavanje, koje se također odražava i na kostime, frizure, pribora, kao i samu ljudsku ponašanje. Iako mnoga istraživanja nastoje prikazati odnos između odijevanja i ukrašavanja interijera u različitim perspektivama, to područje još uvijek izaziva radoznalost za istraživače koji teže saznati više o tome kako su umjetnici postigli harmoniju i međuodnos u oba područja [3].

## 2. Eksperimentalni dio: kreativna igra i proces izrade

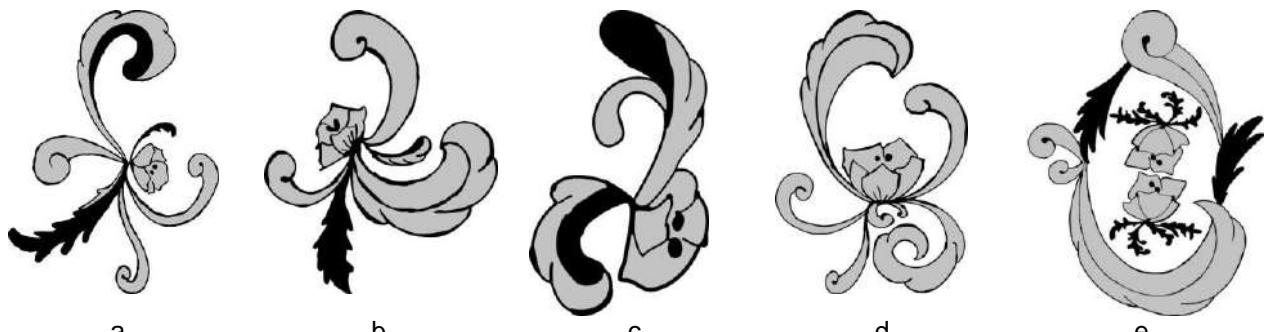
Spomenuto je da je i rokoko kao sam stil bio više za privatne potrebe i za unutrašnje dekoriranje. U ovom stilu, vlasnik vas je morao pustiti u svoj dom kako bi ste doživjeli njegov ukus, njegov stil i preferencije. Isto tako je i kod čarapa, vidite onoliko koliko vam vlasnik čarape to dopušta. Između ostalog poznato je da donje rublje i odjeća općenito utječe i odražava na naše raspoloženje. Stoga nije čudno da se čarape uzorkuju različitim bojama i uzorcima.

Kako je u rokokou naglasak na ornamentu, odnosno rocaillu, tako je on i glavni inspiracijski element za uzorkovanje čarapa. Odabirom boja pređa, težilo se onoj nježnijoj strani rokokoa. Kreiranje uzoraka započinje izradom kreativne igre koja predstavlja temelj buduće kolekcije (slika 3).



Slika 3: Kreativna igra

Iz serije crteža nastalih u kreativnoj igri izabrani su crteži koji su se naknadno u Adobe Ilustratoru prebacili u vektorsku grafiku te se dodatno uklonile greške i „nečistoće“, a unutrašnjost obojila. Takvi novo dobiveni uzorci nazvani su „Likovni projekt“ (slika 4) i oni su priprema za daljnje uzorkovanje čarape.



Slika 4: Likovni projekt a, b, c, d, i e

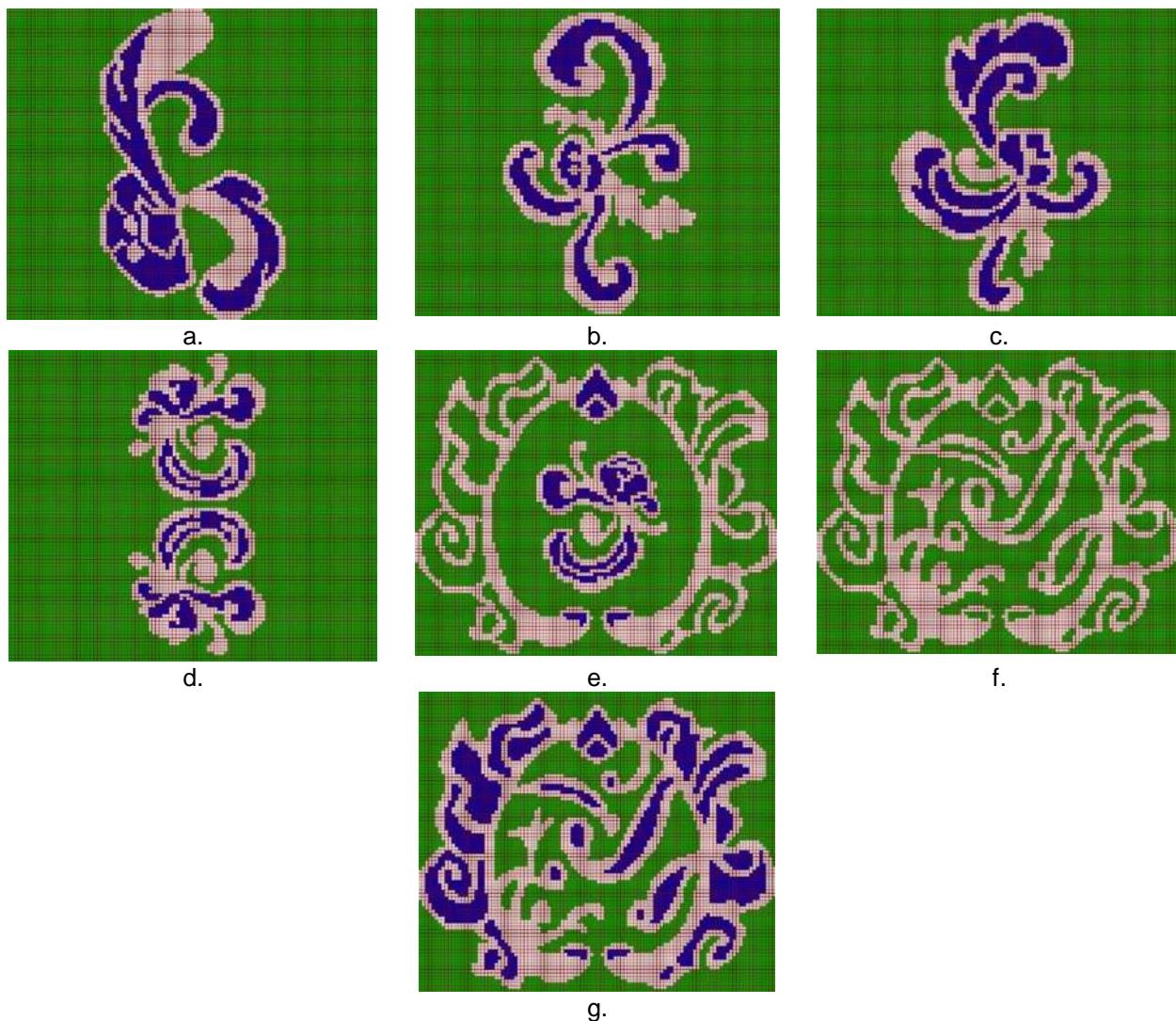
Nakon razrade uzoraka u Adobe Illustratoru, uzorci su ubačeni u program Photon u kojem ih je bilo potrebno prilagoditi za daljnju izradu. Naime, iako su uzorci bili vektorska grafika, zbog velike rezolucije, rubovi uzoraka su se „izgubili“ te ih je bilo potrebno modelirati u Lonatijevom grafičkom paketu Photon. Poznavajući tehnologiju uzorkovanja, uzorci koji nisu odgovarali tehnologiji zbog previlege rezolucije, morali su se također prilagoditi, te su neki zbog svoje kompleksnosti u potpunosti izbačeni.

Lonatijev grafički paket *Photon* je veoma funkcionalan i jednostavan za razradu uzoraka koji će se izrađivati na njegovim čaraparskim automatima. Razrada uzorka se obavlja za pojedini oblik čarape kao i za tip čaraparskog automata na kojem će se izrađivati čarapa. Pri razradi uzorka u Photonu potrebno je poznavati finoću, promjer cilindra, broj igala i model automata na kojem će se izrađivati čarapa. Također se ciljano razrađuje uzorak za pojedino područje čarape. Jedan oblik uzorka se koristi na tijelu čarape, drugi na donjem dijelu, a treći na gornjem dijelu stopala [4, 5].

U programskom paketu Photon izrađuju se uzorci koji će biti ukomponirani u čarapu. Čarape se mogu izrađivati na čaraparskim automatima različitih konstrukcijskih značajki. Boja koja je u uzorku ne mora biti i boja pređe

koja se upliće na stroju. U pripremi za rad automata, u vodič pređe se uvodi željena boja pređe, bez obzira koja se boja nalazi u programu.

Ukupna širina polja ovisi o broju igala s kojim radi automat. U ovom slučaju automat radi sa 108 igala pa je i širina polja 108 četverokuta. Prema tome, u jednom nizu ili stupcu četverokuta, oblikuju se očice samo na jednoj igli. Visina polja za uzorkovanje ovisi o veličini dijela čarape u kojem se želi isplesti uzorak. Visina tijela kratke klasične čarape neznatno je dulja od duljine stopala čarape iznosi 10 do 30 cm ili 50 do 200 redova očica. Treba imati u vidu da se kratka čarapa najčešće izrađuje s najmanje četiri različite pređe: PA filamentna temeljna, pamučna temeljna, elastanska i PA filamentna za izradu uzorka. Pored ovih mogu se koristiti druge pređe za izradu pete i vrška čarape, za izradu različitih uzoraka ili pak pojedino drugog dijela čarape. U nastavku su na slici 5. prikazani uzorci, od a do g, koji su izrađeni za desni par čarapa, dok je za lijevi isti uzorak samo zrcalno okrenut.



Slika 5: Razrada uzorka u programu Photon

Prije početka procesa izrade, izabrane su pređe od kojih će se izraditi čarape. Za temeljne pređe koje će činiti tijelo i stopalo čarape odabранe su siva pamučna pređa finoće 67,4 tex i siva filamentna poliamidna pređa finoće 172 dtex. Za uzorkovanje odabранe su 2 filamentne poliamidne pređe; siva PA pređa finoće 195 dtex x2 i zelena PA pređa finoće 50 dtex x4. Korištena je i elastanska pređa koja uz ove dvije pređe plete elastični okrajak čarape; finoće 540 dtex.

Na čraparskom automatu je sveukupno spremljeno 14 upravljačkih programa za 7 pari čarapa. Odabrana veličina je Size 2 koja odgovara standardnim brojevima EU 36-38, nakon čega je odabran i aktiviran program za željenu čarapu te je pokrenut stroj i početak izrade. Vrijeme izrade za jednu čarapu je približno 3 minute. Kada je dobivena konačna čarapa, pregledani su uzorci i sama izrada, te ukoliko je došlo do nekakve greške

pri izradi, uklonjeni su problemi na automatu i ponovljen je postupak izrade. Kada je u konačnici dobiveno svih 7 pari čarapa, zašiveni su vršci prstiju na industrijskom striju za obamitanje, te je time dobiven konačni proizvod – čarapa. Lako je čarapa u cijelosti ispletena i ima funkciju čarape, nije još uvijek spremna za nošenje, odnosno pranje. Kako bi se sačuvala kompaktnost čarape i zadržao oblik i veličina, potrebno ju je izglačati na visokoj temperaturi uz dodatak pare. Nakon parenja i glaćanja, čarapa se može pripremiti za pakiranje i daljnju distribuciju.

### 3. Rezultati: kolekcija čarapa

Kolekcija čarapa inspirirana ornamentikom rokokoa prikazana je na slici 6.



Slika 6: Kolekcija čarapa

## 4. Zaključak

Nakon izrade, pokušaja i pogrešaka, lako je zaključiti da postupak dizajniranja i same izrade nije tako jednostavan kako se odmah čini. Sve je uzorke potrebno prilagoditi iglenici i samom izgledu čarape. Također, također ključno je pravilno odabrati pređe, pogotovo ako se cilja na neku određenu namjenu. Dakle iako je čarapa jednostavan proizvod, po potrebi klasičan ili moderan, tehnika i tehnološki proces u kojem se izrađuje je suvremen. Sve se izrađuje na računalu i računalno je vođeno. Mogućnost izrade uzorka je jako velika te zapravo ovisi samo o ideji dizajnera.

U ovome radu se baš se to htjelo prikazati – spoj suvremene tehnologije i davnog rokokoa; kako raskošni rocaille može biti jednostavan, a istovremeno efektan; bogatstvo uzoraka i nježnost boja preneseno i oživljeno u najjednostavniji odjevni predmet.

## Literatura

- [1] Janson, H. W.; Janson, A. F.: *Povijest umjetnosti*, Stanek, 978-953-6926-90-9, Varaždin, (2003)..
  - [2] Barok, Wikipedija, dostupan na <<https://hr.wikipedia.org/wiki/Barok>>, Pristupljeno 2016. 08. 25.
  - [3] Bazin, G.: *Barok i rokoko*, Izdavački zavod Jugoslavije , Beograd, (1966).
  - [4] Vrličak, Z. *Pletenje II (Interna skripta)*, Tekstilno tehnički fakultet, Zagreb (2011).
  - [5] Lonati , Dostupan na <<http://www.lonati.com/>>, Pristupljeno 2016.08. 25.

**Autor(i):**

Matija Lušić, mag. ing. techn. text.; Izv. prof. dr. sc. Vesna Marija Potočić Matković  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb, Hrvatska  
Tel: +(385) (1) 3712 573 Fax: +(385) (1) 3712 533

E-mail: marija.potocic@ttf.hr  
lusicicm@gmail.com

## POSTOJANOST OBOJENJA LED UV INKJET BOJE OTISNUTE NA PAMUČNU TKANINU

### COLOUR FASTENSS OF LED UV INKJET INKS PRINTED ON COTTON FABRIC

Igor MAJNARIĆ; Srđan GRUBAČ; Ana SUTLOVIĆ & Martinia Ira GLOGAR

**Sažetak:** Inkjet tehnologija otiskivanja postala je dostupna, kako nižom cijenom tako i kvalitetom, te se sve više upotrebljava za otiskivanje na različitim materijalima pa tako i na tekstilnim materijalima. Cilj ovog rada je pobliže analizirati postojanost otiska na pamučnom tekstilnom materijalu nastalih sa Inkjet UV sušecim bojilima. Za proizvodnju otiska primjeniti će se piezo Inkjet Roland LEC 300 koji koristi UV sušeće bojilo (UV LED tehnologijom). Otisnuti uzorci analizirani u radu pripremljeni su direktnim otiskivanjem na pamučnu tkaninu. Postojanost otiska na pranje s pripadajućim spektrofotometrijskim mjerjenjima provedeno je na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu. Dodatno ispitivanje gamuta (kolorimetrijska analiza) izvršena je na Sveučilištu u Zagrebu Grafičkom fakultetu.

**Abstract:** Inkjet printing technology has become more available, due to its low price as well as its high quality prints, and it is increasingly being used for applications on different materials, even on textile materials. The aim of this work is to closely analysed print fastness on cotton textile material as result of using Inkjet UV curing inks. Device used for printing process will be piezo Inkjet Roland LEC 300 with UV curing inks (UV LED technology). Analysed printed samples were prepared by direct printing on cotton textile material. Wash fastness testing of prints along with spectrophotometric measurements was performed at University of Zagreb Faculty of Textile Technology in Zagreb. Additional testing of gamut (colorimetric analysis) was performed on the Faculty of Graphic Arts in Zagreb.

**Ključne riječi:** Ink Jet UV sušeće bojilo, direktno otiskivanje, postojanost na pranje, spektrofotometrijska analiza

**Keywords:** Ink Jet UV curing, direct printing, colour fastness, spectrophotometric analysis

#### 1. Uvod

Zbog novih zahtjeva na tržištu, sama tekstilna industrija je primorana razvijati nova rješenja, usmjereni na skraćivanje vremena izrade proizvoda, na povećanje stupnja kvalitete gotovog proizvoda ali i istovremeno onečišćenje okoliša. Upravo zbog svoje učinkovitosti, digitalne tehnike inkjet tiska sve se više upotrebljavaju u tekstilnoj industriji, obzirom na mogućnost brzog odgovora na visoke zahtjeve tržišta na širinu palete tonova, unikatnosti uzorka, ali i na zahtjeve za uštedom vode i energije. Uvođenje digitalnog tiska na tekstil može se podijeliti u tri razdoblja: početkom 1990. digitalni inkjet tisak na tekstil se koristio za tisak kolekcijskih uzoraka. Potkraj devedesetih godina dvadesetog stoljeća, dalnjim razvojem tehnologije i bojila digitalni tisak počeo se upotrebljavati za proizvode malih metraža te za postupke transfer tiska uglavnom za proizvode od PES-a, kao što je sportska odjeća, zastave i slično. Rezolucija ispisa se povećava, kreće se od 150 do 300 dpi, ali i dalje su proizvodni kapaciteti relativno mali (oko 5 m<sup>2</sup>/h). Treće razdoblje je današnje, kada se razvoj usmjerava nešto naglašenije na piezo ink-jet pisače s većim brzinama i rezolucijama te na razvoj tiskarskih pasti za InkJet tehnologiju, na bazi različitih vrsta tekstilnih bojila.

Karakteristika digitalnog tiska (*Ink Jet*) je bezkontaktni nanos kapljica boje na podlogu (tekstil) (uzorak se ispisuje preko Ink Jet glave koja uzima boju iz spremnika u uređaju i prenosi je na podlogu). U posljednjih 25 godina provedeni su brojni projekti na području primjene InkJet tehnologije u tekstilnom tisku s temeljnom temom razvoja pisače glave, kao ključnog elementa procesa InkJet tiska. Značajna je činjenica da ni jedan od brojnih projekata nije pronašao rješenje jedinstvene pisače glave te nije uspostavljena jedinstvena tehnologija ispisa. Trenutni trendovi u istraživanju i razvoju tehnologije pisačih glava, idu paralelno u nekoliko smjerova, te se, obzirom na tehnologiju formiranja mlaza tiskarske boje i generiranja kapljice: tehnologija kontinuiranog toka s binarnim otklonom; tehnologija kontinuiranog toka s višestrukim otklonom; tehnologija diskontinuiranog toka – termalni InkJet („DOD“ tehnologija); tehnologija diskontinuiranog toka – piezo („DOD“) tehnologija; tehnologija diskontinuiranog toka – elektrostatsko formiranje kapi („DOD“). Za formiranje mlaza i generiranje kapljica UV sušecih InkJet tiskarskih boja najčešće se koristi Piezoelektrična (DoD) metoda ispisa. Pritom dolazi do pomaka piezoelektričnih kristalima uslijed djelovanja električne energije. UV sušeće Inkjet boje su

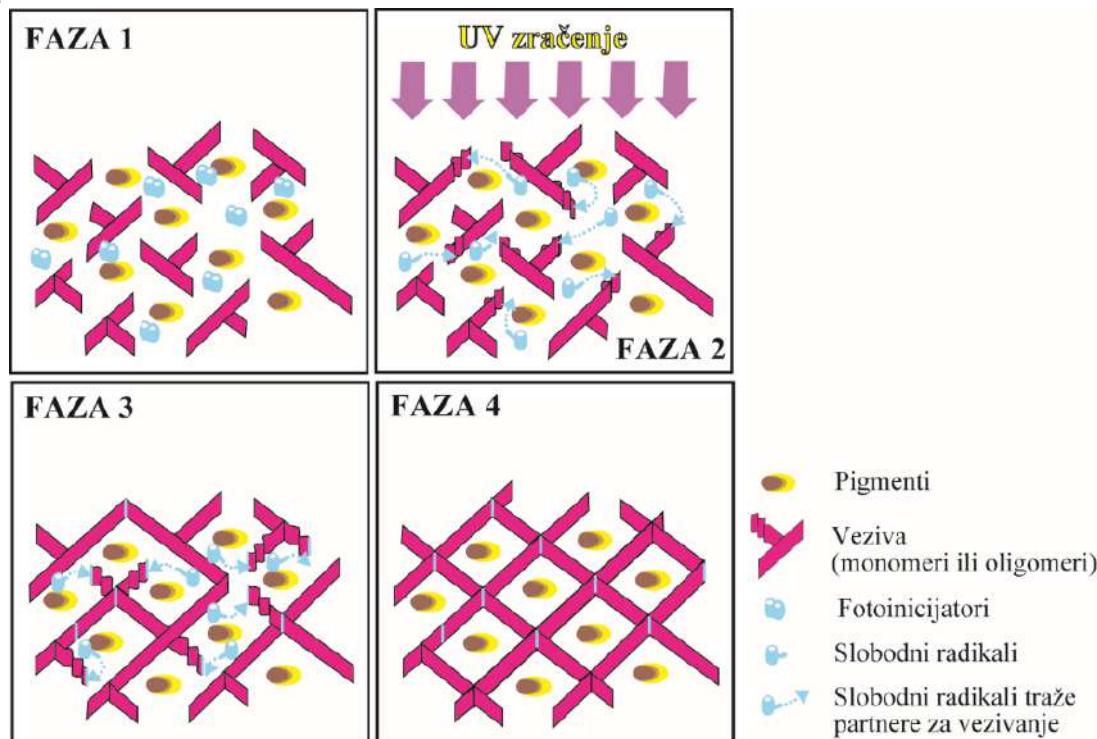
univerzalne boje jer u konačnici formiraju nanos od 100% krutine bez udjela ikakvih otapala i drugih isparavajućih sredstava. Takve boje obično se sastoje od mješavine pigmenata (15-20%), prepolimera (10-25%), akrilnih monomera i oligomera (5-10%), fotoinicijatora (benzofenon) i različitih aditiva (1-5%). Pigmenti koji se najčešće upotrebljavaju kod UV Inkjet boja su tradicionalni organski bakar ftalocijanin (cijan), dimetilquinakridon (magenta), acetooacetanilin (žuta) i ugljik (crna) [1, 2].

UV Inkjet ispis se zasniva na polimerizaciji boje koja nastupa nakon štrcanja kapljice boje iz mlaznice te osvjetljavanjem svjetlošću valne duljine UV spektra (320-380 nm). Pri formiranju nanosa UV bojila (Slika 1a), fotoinicijatori su aktivni dio mješavine, koji se tijekom izlaganja UV svjetlošću (Slika 1.b) aktiviraju i povezuju s radikalima (Slika 1.c). Slobodni monomeri i oligomeri međusobno se povezuju u dugačke lanci fiksirajući pigmente između polimeriziranih lanaca, čime završava proces polimerizacije (Slika 1.d).

Izvori UV svjetla koje se najčešće koriste kod UV Inkjet ispisa su UV živine svjetiljke spektralne distribucije svjetla od 220 do 390 nm ili UV LED diode spektralne distribucije svjetla oko 380 nm. U nekim slučajevima koristi se i njihova kombinacija, jer za otvrđivanje boje potrebna su zračenja valnih duljina UV-A (320 do 390 nm), UV-B (280 do 320 nm) i UV-C (< 280 nm). Najbolji rezultati površinskog otvrđivanja boje postižu se ekspozicijom visokoenergetskim kratkovalnom UV-C zračenju, dok su za penetraciju i otvrđivanje unutar boje pogodnija visokoenergetska dugovalna UV-A i UV-B zračenja.

Žarišna duljina UV živine lampe i reflektora sušača je 50 mm, tj. točka na kojoj se preklapaju zrake UV svjetlosti koje padaju na nanesenu boju direktno iz UV svjetiljke (primarna energija od 45%) i zrake koje su reflektirane od dikroičkog reflektora (sekundarna energija od 55%).

Prilikom osvjetljavanja UV živinim lampi, u procesu ispisa, pojavljuju se dva problema: povećanje temperature reflektora jer UV živine svjetiljke isijavaju i dio IR dijela spektra. To stvara višak topline koji negativno utječe na stabilnost tiskovne podloge (dimenzijske promjene, promjene teksture, pojava valova, bježanje točkica i registradora), te prisutnost kisika (kisik negativno utječe na kapljicu boje stvarajući površinski sloj koji teško polimerizira i ne dopušta penetraciju zrakama UV svjetlosti u dubinu kapljice te kapljica u potpunosti ne polimerizira). Problem prisutnosti kisika rješava se na način da se vakumski odvodi zrak ili da se stvara inertna atmosfera dovođenjem inertnog plina (najčešće dušika čime se reducira preostali kisik u prosjeku od 0,5 do 2%). Problem viška topline prilikom osvjetljavanja riješen je na više načina: zračnim hlađenjem reflektora, vodenim hlađenjem reflektora, vakumskim odvodom zagrijanog zraka, reflektorima sa hladnim ogledalima (dikroički reflektori koji rade na principu dvosmjernog ogledala; odlično reflektiraju UV svjetlo, adsorbiraju i odvode višak topline).



**Slika 1:** Princip sušenja UV Inkjet boje

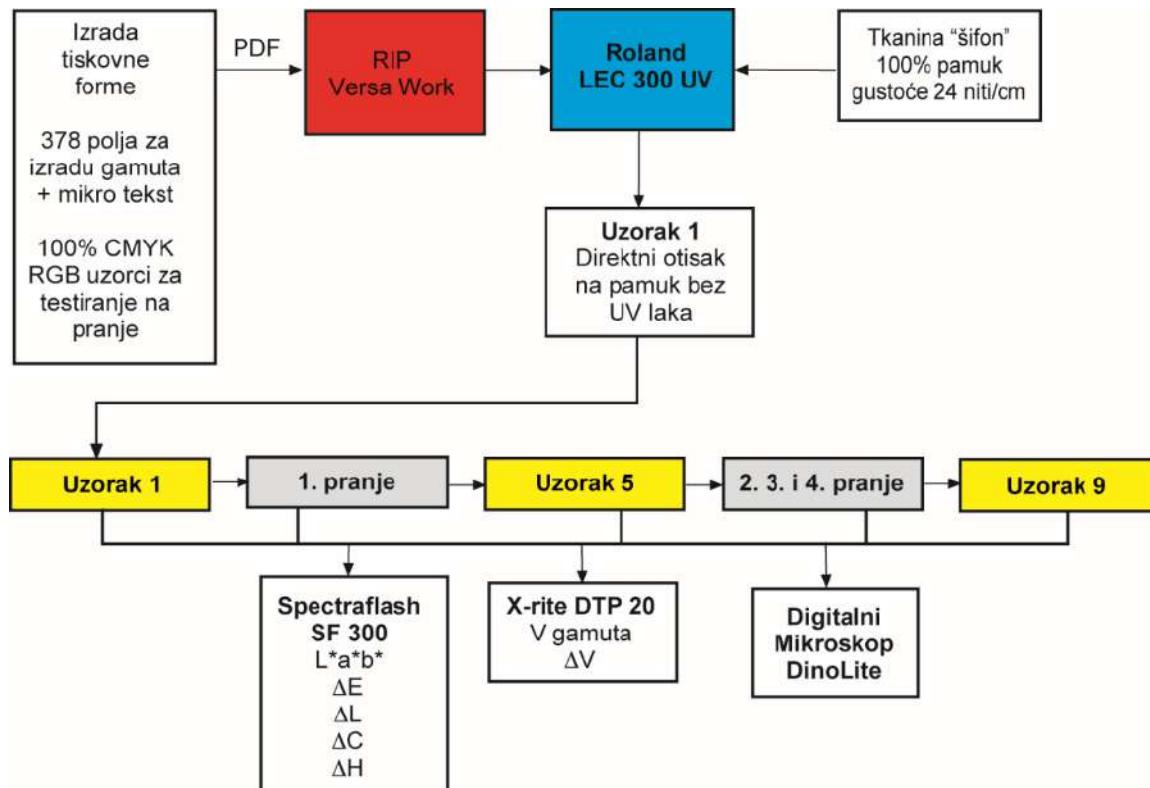
Kod UV LED dioda spektar je valne duljine oko 380 nm. One ne emitiraju IR dio spektra pa se ne pojavljuje problem zagrijavanja elemenata strojeva i tiskovne podloge. UV LED diode su u sve većoj upotrebi te sve više istiskuju UV živine lampe iz upotrebe. Osnovni zahtjev kod UV Inkjet ispisa je kratko vrijeme osvjetljavanja da se ne bi usporio proizvodni proces koji je u rasponu od 5 do 30 m/h. Brzina proizvodnje ovisi i o emisijskoj frekvenciji kapljice koja se kreće između 5 i 40 kHz. Nanos UV bojila prije polimerizacije je u prosjeku 20 µm a nakon polimerizacije je od 5 do 15 µm. Polimerizirano bojilo nakon otvrnjavanja ima odlična svojstva otpornosti na mehaničko trenje, toplinsku otpornost (preko 300°C su zahtjevi nekih industrijskih grana po pitanju ambalaže) kemijsku postojanost te otpornost na organska otapala.

## 2. Eksperimentalni dio

Tehnikom Inkjet ispisa direktno je naneseno UV sušeće bojilo na pamučne tkanine. Za izradu eksperimentalnih otisaka korišten je piezo Inkjet Roland LEC 300 sa UV sušećim bojilima, sa rezolucijom 1400x750 dpi, radne širine d = 72 cm, (u CMYK modu, uz color menagment: PrePress Europe, standardne kvalitete). Za eksperimentalni rad korištena je digitalna tiskovna forma sa 378 karakterističnih polja, namijenjenih za dalnjim spektrofotografskim mjerjenjima odnosno generiranje ICC profili i 3D gamuta.

Za detaljnija (pojedinačna) spektrofotometrijska i mikroskopska ispitivanja korištena su karakteristična polja: cijan, magenta, žuta, crna, crvena, zelena, ljubičasta i siva boja. Za mikroskopsku analizu osim prije navedenih polja, korištena su i polja sa primjenom slovnih znakova u karakterističnim bojama: cijan, magenta, žuta i crna. Pamučna tkanina koja je korištena za eksperimentalne otiske je sastava 100% pamuk, kemijski i optički izbjeljena sa gustoćom niti osnove 24 niti/cm i potke 24 niti/cm koji su tkani u platnenom vezu, trgovačkog naziva šifon (Chiffon). Tiskanim pamučnim tkaninama ispitana je postojanost obojenja na pranje prema normi HRN EN ISO 105-C08:2010 - postojanost obojenja pri pranju u kućanstvu i komercijalnom pranju. Uzorci su tretirani u jednakim i kontroliranim uvjetima (temperatura 40°C, sa istom propisanom recepturom sredstva za pranje i istom koncentracijom), te su nakon svakog pranja sušeni na temperaturi od 20-22°C i relativnoj vlažnosti 50-65%.

Izvršena su četiri pranja, a spektrofotometrijska mjerjenja provedena su na uzorku bez pranja, nakon prvog i nakon četvrtog pranja. Nakon svakog pojedinog pranja i sušenja uzorka, nad istima su izvršena spektrofotometrijska mjerjenja postojanosti otiska (preformulirati). Za spektrofotometrijska mjerjenja otiska korišten je spektrofotometar X-rite DTP 20 koji radi sa računalnim programom ColorShop X, te prezentiranje rezultata u računalnom programu MonacoProfiler (pregled svih mjerjenja u 3D dijagramu).



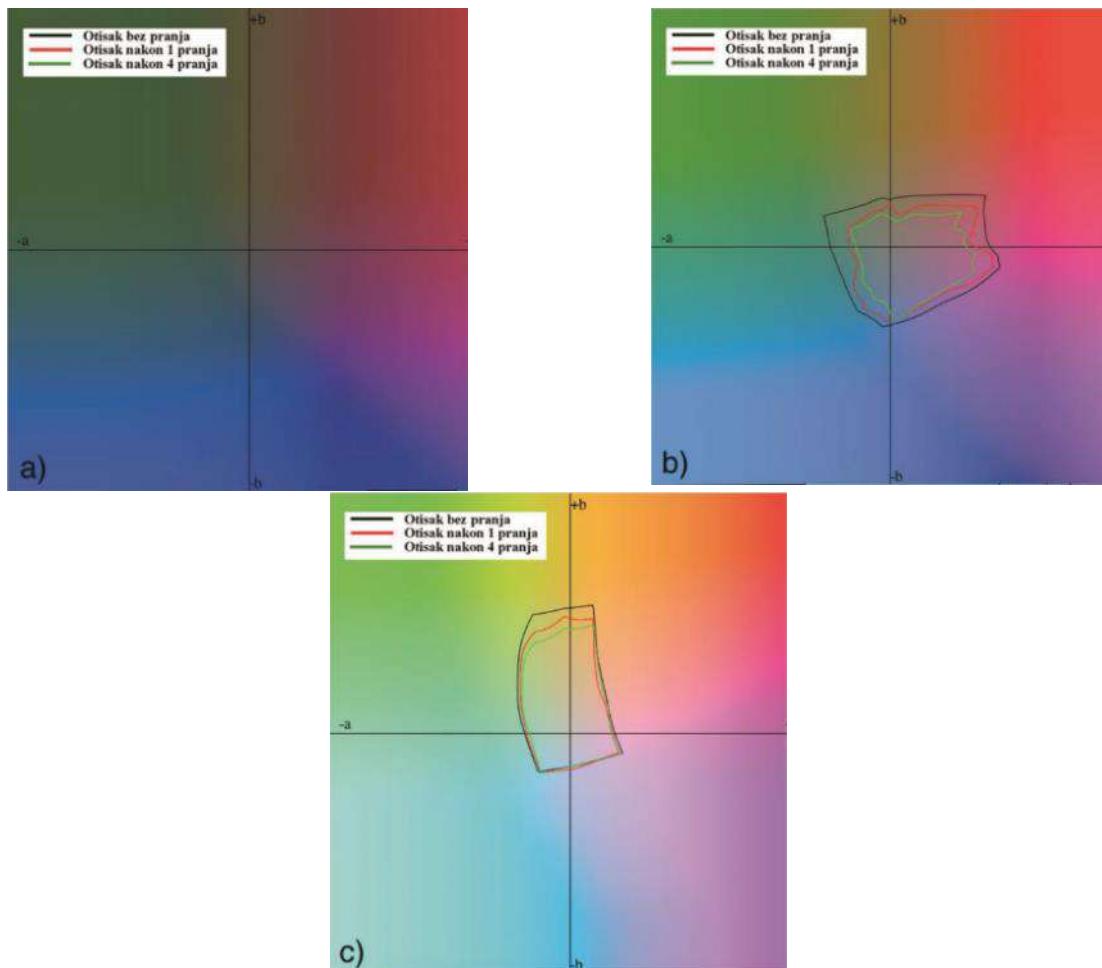
**Slika 2:** Shematski prikaz izvršenog eksperimenta

### 3. Rezultati i rasprava

U radu su prikazani rezultati uzoraka otisnutih na pamučnoj tkanini uz praćenja utjecaja pranja na postojanost obojenja. i nakon pranja. Analizirana su tri karakteristična uzorka (bez pranja, 1 pranje i 4 pranje). Uzorak bez ispitivanja na pranje postignut je prostorni volumen vrijednosti  $V_1=461,428$ , na uzorku nakon prvog pranja postignut je prostorni volumen vrijednost  $V_5=367,135$ , a na uzorku nakon četvrtog pranja prostorni volumen ima vrijednost  $V_9=304,797$ . Ovdje je vidljiv očit pad vrijednosti volumena od  $\Delta V_{9-1}=-156,631$  do kojeg dolazi zbog gubitka nedovoljno fiksiranih pigmenata bojila uslijed ispitivanja na pranje.

Promatrani su i karakteristični presjeci gamuta otisaka pri svjetlini ( $L=20$ ,  $L=50$ ,  $L=80$ ). U najtamnjem presjeku ( $L=20$ ) nema nikakvih reproduciranih tonova (vrijednosti) (Slika 3a). U srednjem karakterističnom presjeku gamuta ( $L=50$ ), izrazite promjene primjećuju se između otiska bez pranja, nakon prvog i četvrtog pranja. One su vidljive u svim smjerovima, a najviše u crvenom području (na koordinati +a) i u zelenom (na koordinati -a), u žutom (na koordinati +b) te u plavom području (na koordinati -b). U najsjetljivijem presjeku gamuta ( $L=80$ ) najveće promjene vidljive su u zelenom i žutom području (na koordinati +b) te manje promjene u plavom i ljubičastom području (na koordinati -b).

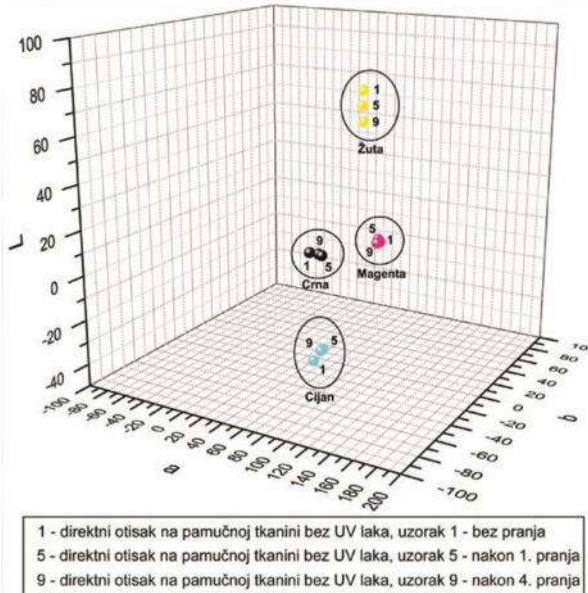
Detaljna analiza promjena boje napravljena je na tonovima otisnutih sa najvećom pokrivenošću (CMYK RGB i siva). Nakon prvog ispitivanja na pranje, najveći pad svjetline dogodit će se kod crne ( $\Delta L_{K1-K5}=-7,92$ ); manji pad vrijednosti svjetline će biti kod: zelene ( $\Delta L_{G1-G5}=-2,93$ ), ljubičasto-plave ( $\Delta L_{B1-B5}=-2,52$ ), cijana ( $\Delta L_{C1-C5}=-2,33$ ); dok će najmanji gubitak u vrijednostima svjetline biti kod: sive ( $\Delta L_{S1-S5}=-1,08$ ); manji rast svjetline je vidljiv kod: crvene ( $\Delta L_{R1-R5}=0,26$ ), žute ( $\Delta L_{Y1-Y5}=0,47$ ) i magente ( $\Delta L_{M1-M5}=0,68$ ). Nakon četvrtog pranja uzorka, i dalje najveća pad svjetline će se opet biti kod crne ( $\Delta L_{K1-K9}=-10,70$ ); nešto manji pad svjetline obuhvatit će: ljubičastu ( $\Delta L_{B1-B9}=-6,11$ ), sivu ( $\Delta L_{S1-S9}=-5,73$ ), zelenu ( $\Delta L_{G1-G9}=-4,14$ ), cijan ( $\Delta L_{C1-C9}=-3,19$ ) i magentu ( $\Delta L_{M1-M9}=-2,88$ ); najmanji pad svjetline je kod: crvene ( $\Delta L_{R1-R9}=-1,85$ ) i žute ( $\Delta L_{Y1-Y9}=-0,12$ ).



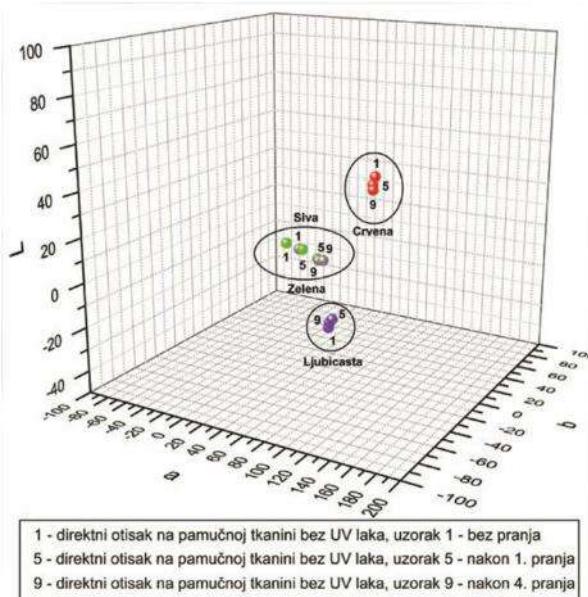
Slika 3. 2D presjek gamuta direktnih otisaka bez UV laka; bez pranja te nakon prvog i četvrtog pranja u tri karakteristična područja: a)  $L=20$ , b)  $L=50$ , c)  $L=80$

Kromatičnost se nakon prvog pranja najviše mijenja kod zelene ( $\Delta C_{G1-G5}=3,24$ ); nešto manje promjene su kod: cijana ( $\Delta C_{C1-C5}=1,76$ ), žute ( $\Delta C_{Y1-Y5}=1,50$ ), ljubičastoplave ( $\Delta C_{B1-B5}=1,28$ ) i crvene ( $\Delta C_{R1-R5}=1,06$ ); dok su najmanje promjene u kromatičnosti kod: crne ( $\Delta L_{K1-K5}=0,76$ ), magente ( $\Delta C_{M1-M5}=0,32$ ) i sive ( $\Delta C_{S1-S5}=0,06$ ). Promjene u kromatičnosti nakon četvrtog pranja su najvidljivije i dalje kod zelene ( $\Delta C_{G1-G9}=4,04$ ); nešto manje promjene su kod: žute ( $\Delta C_{Y1-Y9}=3,18$ ), ljubičastoplave ( $\Delta C_{B1-B9}=2,19$ ), magente ( $\Delta C_{M1-M9}=2,14$ ), cijana ( $\Delta C_{C1-C9}=2,14$ ) i crvene ( $\Delta C_{R1-R9}=1,88$ ); dok su najmanje promjene u kromatičnosti uočavaju kod sive ( $\Delta C_{S1-S9}=0,74$ ) i crne ( $\Delta L_{K1-K9}=0,37$ ).

Zbirno gledano usporedbom referentnih otisaka bez pranja i otisaka nakon prvog pranja, najveće promjene u obojenju su vidljive kod: crne ( $\Delta E_{K1-K5}=7,96$ ), zelene ( $\Delta E_{G1-G5}=4,38$ ) i cijana ( $\Delta E_{C1-C5}=3,19$ ); nešto manje promjene u obojenju su nastale kod: ljubičastoplave ( $\Delta E_{B1-B5}=2,86$ ), žute boje ( $\Delta E_{Y1-Y5}=1,57$ ), crvene ( $\Delta E_{R1-R5}=1,48$ ); najmanje promjene u obojenju imaju siva ( $\Delta E_{S1-S5}=1,19$ ) i magenta ( $\Delta E_{M1-M5}=0,91$ ). Nakon četvrtog pranja, najveće promjene u obojenju ostvarene su kod: crne ( $\Delta E_{K1-K9}=10,71$ ) i ljubičastoplave ( $\Delta E_{B1-B9}=6,55$ ); nešto manje promjene obojenja imaju: zelena ( $\Delta E_{G1-G9}=5,79$ ), siva ( $\Delta E_{S1-S9}=5,78$ ), cijan ( $\Delta E_{C1-C9}=4,21$ ) i magenta ( $\Delta E_{M1-M9}=3,59$ ); najmanje promjene su kod: žute ( $\Delta E_{Y1-Y9}=3,19$ ) i crvene boje ( $\Delta E_{R1-R9}=3,02$ ).



a.



b.

**Slika 4:** CIE Lab dijagram direktnih otisaka punih tonova bez pranja te nakon prvog i četvrtog pranja a. žuti, magenta, cijan i crni ton; b. crveni, zeleni i ljubičasti ton

Na slici 5 prikazan je uvećani prikaz direktno otisnutih karakterističnih uzoraka. Uočava se da nakon četiri pranja nastaju okom vidljive promjene u obojenju u odnosu na referentni uzorak. Nastale su velike promjene na tekstualnim elemenatima pogotovo na njihovim rubnim dijelovima, najmanji tekstualni elementi su slabo vidljivi. Prilikom pranja došlo je do ispiranja kako bojila tako i sitnih nedovoljno fiksiranih vlakanaca pamuka što je vidljivo na izraženoj strukturi pamučne tkanine.



Slika 5: Mikroskopske fotografije (uvećane 50x) direktnih otisaka punih tonova bez pranja i nakon 4 pranja

#### 4. Zaključak

UV Inkjet metodom ispisa na pamučnu tkaninu moguće je ostvariti zadovoljavajući direktni ispis digitalnog formiranog uzorka. Ipak održavanjem (pranjem) istih doći će do signifikantnih promjena u obojenja. To je vidljivo nakon 4 pranja i detektira se u smanjenju reproduciranog gamuta. To je vidljivo posebice kod primarnih tonova. Ovisno o primjenjenoj procesnoj boji ostvariti će se različite devijacije zasićenih tonova. Promjene su najvidljivije kod akromatskih tonova (crna) a najmanje vidljive kod žutog i crvenog tona. Ovi zaključci trebaju svakako biti smjernica pri korištenju opisane tehnologije za potrebe tiska na pamučne majce.

#### Literatura

- [1] Majnarić, I.; Leskovec T.: Ink-jet (jučer, danas, sutra), *Croprint* 3 2009, str. 48-51,
- [2] Majnarić, I.: *Osnove Digitalnog tiska*, Grafički fakultet Zagreb, ISBN 978-953-7644-13-0, Zagreb, 2015.
- [3] Majnarić I.; Golubović, K. Bolanča, S.; Modrić, D.: Analysis of color reproduction created by applying multiple layers of white ink on PVC foil, str. 269-279, Zagreb,
- [4] Mišić, M; Postojanost Ink Jet otiska nastalih termalnim transferom na tkanine, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb, 2011.
- [5] Kovačević, S.; Dimitrovski, K.; Hađina J.: Procesi tkanja, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2008.
- [6] Jurac, Z.; Felić, E.; Jurac V.: Otpadne vode u pamučnoj industriji Duga Resa, Sigurnost 50 (2) 2008., str. 129-138,
- [7] Majnarić, I.; Bolanča, S.; Golubović K.; Neke karakteristike transfornih folija načinjenih tehnikom mlaza tinte te njihov utjecaj na kvalitetu otiska na pamučnoj tkanini, *Tekstil* 59 (10) 2010, str. 456-462, Zagreb

#### Autor(i):

Doc. dr. sc. Igor MAJNARIĆ; dipl. graf. ing. Srđan GRUBAČ

Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

Getaldićeva 2, Zagreb

Tel: +(01) (237 10 80)

Fax: +(01) (237 10 77)

E-mail: [majnaric@grf.hr](mailto:majnaric@grf.hr)

Izv. prof. dr. sc. Ana SUTLOVIĆ, Izv. prof. dr. sc. Martinia Ira GLOGAR

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno tehnološki fakultet

Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb

Tel: +(01) (4877 365)

E-mail: [ana.sutlovic@ttf.hr](mailto:ana.sutlovic@ttf.hr)  
[martinia.glogar@ttf.hr](mailto:martinia.glogar@ttf.hr)

## SINERGIJA ZNANOSTI I PODUZETNIŠTVA- INOVATIVNI RAZVOJ PROFESIONALNOG RONILAČKOG ODIJELA

### SYNERGY OF SCIENCE AND ENTREPRENEURSHIP- INNOVATIVE DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL DIVING SUIT

Slavenka PETRAK; Maja MAHNIĆ NAGLIĆ & Daniel PINTARIĆ

**Sažetak:** Prikazano je istraživanje iz područja računalnog razvoja 3D prototipa ženskog ronilačkog odijela, namijenjenog sportskoj disciplini slobodnog ronjenja na dah. Istražene su mogućnosti računalnog razvoja prototipa modela na temelju 3D skeniranog i prilagođenog parametarskog modela tijela. Primjenom 3D flattening metode koja omogućuje računalnu transformaciju nepravilne 3D površine u 2D površinu, izvedena je transformacija 3D krojnih dijelova u 2D kroj. S obzirom na visoke kriterije koje prototip modela mora zadovoljiti s aspekta funkcionalnosti u dinamičkim uvjetima, analizirana je pristalost razvijenog prototipa modela računalnom metodom i u realnim uvjetima. U tu svrhu realiziran je realni prototip modela od strane profesionalnog proizvođača ronilačkih odijela na temelju računalno izvedene 3D konstrukcije kroja na prilagođenom parametarskom modelu tijela. Vrednovanje realnog prototipa provedeno je od strane profesionalne sportašice u disciplini slobodnog ronjenja na dah.

**Abstract:** Paper presents the research from the field of computer development of female 3D diving suit prototype, intended for use in free diving sport discipline. Possibilities of computer prototype development based on 3D scanned and customized parametric body models were investigated. Using 3D flattening method, which enables computer transformation of irregular 3D surface into 2D surface, transformation of 3D cutting parts in 2D pattern was performed. Due to the high standards and criteria that diving suit prototype has to meet in terms of functionality in dynamic conditions, garment fit of developed prototype was computer-analyzed as well as tested in real conditions. For this purpose, real model prototype was produced by professional diving suit manufacturer, based on computer 3D pattern construction on customized parametric body model. Verification of real prototype was conducted by professional free diving discipline female athlete.

**Ključne riječi:** 3D skeniranje tijela, CAD sustav, parametarski model tijela, ronilačko odijelo, dinamička antropometrija

**Keywords:** 3D body scanning, CAD system, parametric body model, diving suit, dynamic anthropometry

#### 1. Uvod

Ronilačko odijelo predstavlja vrstu odjevnog predmeta specijalne namjene, kod kojeg je potrebno zadovoljiti visoke kriterije udobnosti, pristalosti i funkcionalnosti modela [1]. Razlikujemo tri vrste ronilačkih aktivnosti: scuba diving (ronjenje s bocama), spearfishing (ronjenje s podvodnom puškom na dah) i free diving (ronjenje na dah u dubinu ili dalj). Svaka od tri navedene aktivnost ima neke svoje specifičnosti koje uvjetuju svojstva i zahtjeve koje ronilačka odijela trebaju zadovoljiti [2]. U okviru HRZZ projekta 3011 - Application of mathematical modeling and intelligent algorithms in clothing construction, voditelja izv. prof. dr. sc. Tomislava Rolicha te u okviru Sveučilišne potpore znanstvenim istraživanjima Virtualno tijelo i odjeća – parametri projektiranja funkcionalnog modela odjevnog predmeta, voditeljice izv. prof. dr. sc. Slavenke Petrac, provode se istraživanja koja se povezuju i nadopunjuju, a dio kojih je prikazan u radu. Dio projektnih aktivnosti usmjeren je na provedbu 3D skeniranja populacije oba spola u dobi od 20 do 60 godina starosti, kao polazište za razvoj nove metode i algoritma za identifikaciju tipova tijela [3-5]. Rezultati se obrađuju sustavno, prema definiranim dobnim skupinama za svaki spol, a verifikacija metode provest će se u narednom periodu kroz implementaciju i vrednovanje računalno razvijenih prototipova modela odjeće. S obzirom da je za istraživanje odabran segment sportske odjeće i odjeće specijalnih namjena, koja treba zadovoljiti visoke kriterije pristalosti modela obliku i mjerama tijela u dinamičkim uvjetima, početno je proveden razvoj prototipa ženskog ronilačkog odijela namijenjenog disciplini slobodnog ronjenja na dah. S obzirom na visoke zahtjeve za pristalosti ove vrste odijela u specifičnim dinamičkim uvjetima, istražena je mogućnost računalne 3D konstrukcije kroja direktno na površini 3D modela tijela i primjene flattening metode za transformaciju nepravilnih 3D površina krojnih dijelova u 2D kroj [6]. Kod primjene 3D flattening metode za 3D konstrukciju i transformaciju 3D kroja u 2D krojne dijelove, vrlo važno je odrediti mehanička i fizikalna svojstva materijala od kojeg će realni prototip modela biti izrađen. To zahtijeva kompleksan pristup procesu cjelovitog računalnog projektiranja modela odjevnog predmeta te

utvrđivanje i implementaciju potrebnih svojstava materijala u računalni CAD sustav za projektiranje odjeće [7-9]. Kako bi se metoda i cjeloviti razvojni postupak mogli verificirati u realnim uvjetima primjene, izabrana je ženska ispitница koja se profesionalno bavi disciplinom slobodnog ronjenja na dah i višestruka je osvajačica brojnih medalja na državnim i međunarodnim natjecanjima [9,10]. U tom smislu i za samu izradu modela odabrana je tvrtka SUBCRAFT d.o.o., koja se profesionalno bavi izradom ronilačkih odijela i s kojom je uspostavljena suradnja u okviru projekta [11].

## 2. Vrste ronilačkih odijela

### 2.1. Odijela za Scuba diving – ronjenje s bocama

Ronjenje s bocama uglavnom je rekreativnog tipa. Ronioci koji rone intenzivnije koriste tzv. suha odijela. Ona su posve nepropusna za vodu i ronioci ispod njega nose uobičajenu dnevnu odjeću. Odijela su šira i ne prijanaju uz tijelo kako bi se u njih mogao puniti zrak iz boca i time regulirati uzgon koji djeluje na ronioca. Važno je da su spojevi i patent zatvarači vodonepropusni [2]. Za izradu odijela koriste se troslojni laminati ili Cordura® [12,13]. Sama forma odijela nije strogo uvjetovana. Ipak, najčešće korištena odijela za ronjenje s bocama su odijela izrađena od specifičnog materijala s termoizolacijskim svojstvima (polikloroprena, trgovacki naziv neopren) namijenjenog za mokre uvjete nošenja. Za njih je važno da savršeno naliježu na tijelo kako bi se spriječila cirkulacija vode između odijela i tijela. Najčešće su to odijela koja su s obje strane laminirana slojem pletiva što im daje povećanu čvrstoću jer se spojevi i lijepe i dodatno prošivaju, te omogućavaju roniocu brzo oblačenje i svlačenje odijela. S obzirom da ronjenja s bocom najčešće traju do 50 min, ako odijelo i ne odgovara potpuno veličini i obliku tijela ronioca, to ne predstavlja značajan problem. Iz tog razloga se za ovu vrstu ronjenja odijela izrađuju u standardnim odjevnim veličinama.

### 2.2. Odijela za Spearfishing - ronjenje s podvodnom puškom na dah

Ova vrsta ronjenja podrazumijeva ronjenje na dah, zbog čega je vrlo važno da se ronilac osjeća ugodno i da za vrijeme ronjenja ne dođe do pada tjelesne temperature. Vrijeme ronjenja vrlo često iznosi oko pet do šest sati, što predstavlja vrlo velik napor za tijelo. Važno je da odijelo u potpunosti naliježe na tijelo ronioca i onemogući i najmanju cirkulaciju vode koja bi hladila tijelo. Najčešće se koriste odijela izvana naslojena pletivom, a iznutra glatka (eng. lined/open-cell) čime se postiže najbolja kombinacija svojstava materijala koji je izvana čvršći i manje osjetljiv na kontaktna oštećenja, dok unutarnji glatki sloj kao pod utjecajem vacuuma potpuno prianja uz kožu [14]. Pletivo i u ovom slučaju osigurava odijelu otpornost na habanje, ali se znatno sporije suši. To može biti izuzetno važno ukoliko ronilac mijenja pozicije čamcem, jer će tijelo zadržati više topline ako se odijelo brže osuši. Za ovu vrstu ronjenja odijela se izrađuju prema individualnim mjerama ronioca. Metoda konstrukcije krojeva razlikuje se od proizvođača do proizvođača, ali uglavnom se primjenjuju metode konvencionalne konstrukcije razrađene od strane pojedinog proizvođača ronilačkih odijela. Tvrta Subcraft iz Zagreba višegodišnji je uspješni proizvođač ronilačkih odijela, prisutan sa svojim brendom na tržištima diljem svijeta. Konstrukcija kroja ronilačkog odijela razrađena je na temelju 24 antropometrijske mjere tijela i na temelju iskustvenih spoznaja o potrebitoj funkcionalnosti koju odijelo treba osigurati roniocu. Odijela se izrađuju od neoprena različitih debljinu, od 1,5 do 9 mm, ovisno o potrebama korisnika. S obzirom na vrlo veliku elastičnost neoprena, ali koja se razlikuje za različite vrste neoprena, potrebno je za pojedinu vrstu neoprena skalirati određene mjerne na kroju, kako bi izrađeno odijelo u potpunosti nalijegalo na tijelo ronioca, ali bez neželenog, prevelikog pritiska na tijelo. Posebna pozornost se posvećuje detaljima na kroju kao što je poseban način modeliranja kroja na području koljena i laktova, sa svrhom sprječavanja formiranja neželjenih nabora na modelu. Također, oblikovanje kapuljače na području ušiju vrlo je važno, s obzirom da preveliki pritisak na uši može izazvati vrlo neugodnu bol. Pojedine zone na odijelu dodatno se pojačavaju dvostrukim slojem neoprena, dok mekani obrubi na rukavima i nogavicama moraju osigurati normalnu cirkulaciju krvi kod ronioca.

Gustoća neoprena također je jedan vrlo važan parametar koji utječe na funkcionalnost ronilačkog odijela [15]. Ronioci koji rone intenzivnije i na dubinama većim od 20 m, svakako će izabrati veću gustoću neoprena, s obzirom da on ima manju kompresiju kod urona u veću dubinu, zbog čega ne dozvoljava velike promjene kod sile uzgona. Ako se odijelo zbog povećanog tlaka komprimira, sila uzgona će biti manja te će zbog olova koje ronioc nosi na pojasu vrlo brzo ući u zonu negativne plovnosti, odnosno početi tonuti. To može u nekim slučajevima biti i pogubno za ronioca. Kao dodatni parametar kvalitete ove vrste ronilačkih odijela može se navesti dizajn pletiva s kojim je neopren laminiran s vanjske strane. Spearfisheri vjeruju da odijela maskirnih boja odnosno uzoraka omogućuju da su manje uočljivi ribama. Međutim, oko te problematike postoje oprečna mišljenja struke i još uvijek nije propisana boja odnosno vrsta uzorka koja bi bila najbolja u svrhu zaštite i smanjene uočljivosti ronioca na morskim dubinama. Nedostatkom svjetlosti pod vodom, vidljivost boja vrlo brzo nestaje. Crvena boja već pri nekim 5 m dubine i tako dalje, sve do ljubičastog dijela spektra. Naravno,

ukus ronioca također ima ulogu u konačnom odabiru boje ili uzorka na odijelu, pri čemu je vrlo često dizajn presudan za konačni odabir određenog modela odijela.

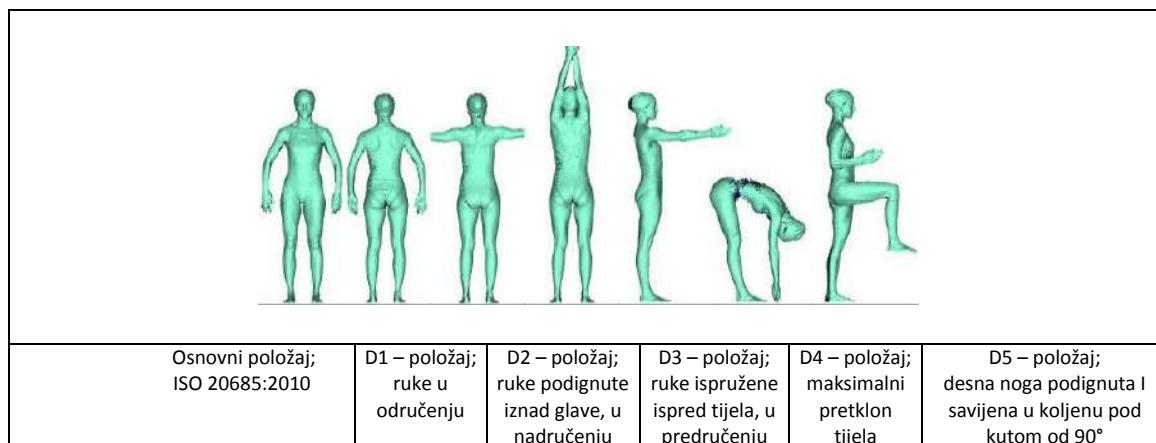
### 2.3. dijela za Free diving - ronjenje na dah u dubinu ili dalj

Ova vrsta ronilačkih odijela je najzahtjevnija za realizaciju, kako za konstrukciju kroja, tako i za izradu. Kod njih je potrebno postići gotovo savršeno pranjevanje odijela na tijelo. Trebaju pružiti osjećaj mekoće roniocu, biti bez neželjenih nabora, imati što manji koeficijent trenja, te zadovoljiti još cijeli niz uvjeta koji se odnose na brojne detalje koji osiguravaju visoku kvalitetu ronilačkog odijela. Ronioci se u ovoj disciplini iscrpljuju do krajnjih granica, a na odijelu koje se pri tom nosi i neke manje modifikacije u detaljima na odijelu mogu imati utjecaj na sportski rezultat ronioca. Natjecateljska odijela su uglavnom vrlo tanka i izrađuju se od neoprena debljine od 1,5 mm do 3mm [16]. Rjeđe su zastupljena odijela izrađena od neoprena debljine 5mm. Uron ronioca u vodu traje svega nekoliko minuta, pri čemu je vrlo važno da odijelo ima minimalni uzgon što je u ovom slučaju prioritet u odnosu na očuvanje topline. Vanjska strana odijela presvučena je folijom od titanija, kako bi trenje bilo minimalno. S obzirom na položaj tijela ronioca koji kod slobodnog ronjenja na dah imaju ruke potpuno ispružene iznad glave, konstrukcija kroja ronilačkog odijela djelomično se razlikuje u odnosu na odijela za podvodni ribolov. Upravo ova vrsta odijela odabrana je za istraživanje provedeno u okviru projekta, što je prikazano u nastavku rada.

## 3. Eksperimentalni dio

### 3.1. 3D skeniranje ispitanice i računalna obrada modela tijela

Kako bi se postigla visoka pristalost ženskog ronilačkog odijela namijenjenog disciplini slobodnog ronjenja na dah i istovremeno osigurala udobnost u karakterističnim dinamičkim položajima tijela ispitanice, potrebno je precizno odrediti potrebne tjelesne mjere koje definiraju oblik tijela, profil krivulja i dimenzije segmenata površine tijela. Primjena 3D skenera i pratećeg računalnog programa omogućuje dobivanje vrlo preciznog računalnog 3D oblika tijela u statičkom i dinamičkim položajima. Posebna prednost primjene ove tehnologije je mogućnost analize oblika tijela i utvrđivanje dimenzija krivulja, a također i dijelova površine tijela te volumena pojedinih segmenata tijela [5,17]. U okviru istraživanja, provedeno je mjerjenje i analiza tijela ženske ispitanice primjenom laserskog 3D skenera Vitus Smart i pratećeg računalnog programa Anthroscan 3.0.4. S obzirom na problematiku konstrukcije odjeće pripojene uz tijelo i utvrđivanje potrebnih tjelesnih mera, koja proizlazi iz činjenice da tijela mogu biti različitog oblika i razvijenosti, primjena ovakve tehnologije značajno olakšava projektiranje takve odjeće. Kako bi se osigurala visoka razina pristalosti modela, pored uobičajenih antropometrijskih mera na tijelu karakterističnih za konstrukciju konvencionalne odjeće, određen je dodatni broj mernih točaka i krivulja na ciljanim segmentima tijela. Skeniranje ispitanice je, osim u osnovnom uspravnom stoećem položaju tijela prema standardu ISO 20685:2010, provedeno i u pet odabranih dinamičkih položaja, kako bi se analizirale promjene duljina karakterističnih segmenata tijela, značajne za konstrukciju i funkcionalnost modela ronilačkog odijela, sl. 1. Prva tri dinamička položaja referiraju se na pokretljivost gornjih ekstremiteta i predstavljaju krajnje položaje ruku pri karakterističnom kretanju tijela kod ronjenja, četvrti položaj referira se na istezanje duljine tijela, posebno u području stražnjeg trtičnog dijela, pri maksimalnoj fleksiji trupa, dok se peti položaj odnosi na pokretljivost donjih ekstremiteta, odnosno fleksiju od 90% u kuku i koljenu, pri čemu se analizira istezanje duljine na stražnjoj liniji noge te promjena duljine u području koljenog zgloba.



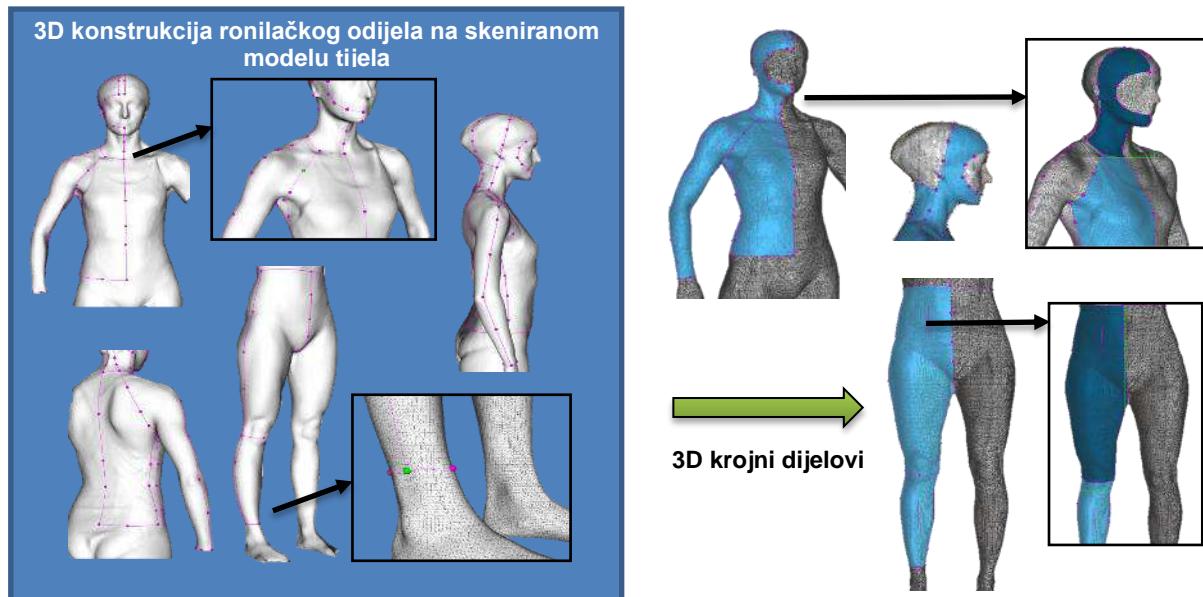
Slika 1: Položaji tijela u kojima je izvedeno 3D skeniranje ispitanice

Na računalnom modelu u statičkom uspravnom položaju provedeno je automatsko utvrđivanje antropometrijskih točaka i mjerjenje dimenzija, pri čemu su utvrđene 154 tjelesne mjere. Skenirani model tijela obrađen je u smislu zatvaranja površine modela, kako bi se dobio jednoslojni poligonalni model, primjenjen za implementaciju u CAD sustav za računalno projektiranje odjeće. Odabrani su dinamički položaji tijela kod kojih je potrebno odrediti promjene u mjerama na tijelu, odnosno maksimalne dosege koji su karakteristični za položaje u kojima se tijelo nalazi tijekom ronjenja. Utvrđivanje preciznih mjera na tijelu od presudne je važnosti za projektiranje funkcionalnog modela ronilačkog odijela, s obzirom da ono u potpunosti mora prilijegati uz tijelo osobe koja ga nosi, bez izraženog pritiska na tijelo. Naime, u trenutku kada se odijelo smoči, voda koja prodire u pore materijala zagrijava se tjelesnom temperaturom ronioca, zbog čega je od presudne važnosti da veličina i krok ronilačkog odijela budu potpuno prilagođeni mjerama i obliku tijela ronioca. Ukoliko je odijelo preveliko, more će prodrijeti između tijela i odijela te zagrijavanje neće biti moguće. Isto tako, ukoliko je odijelo premalo, vrlo vjerojatno će doći do smanjenja cirkulacije u ekstremitetima te će nastupiti pothlađivanje. U oba slučaja zdravlje i sigurnost ronioca su ugroženi, stoga je vrlo važno definirati metodu konstrukcije i cjelovitog projektiranja funkcionalnog ronilačkog odijela.

### 3.2. Računalna 3D konstrukcija modela ženskog ronilačkog odijela i primjena flattening metode za transformaciju 3D krojnih dijelova u 2D krok

Primjenom CAD sustava Optitex s pripadajućim računalnim programima: PDS – Pattern Design System, 3D Runway, 3D Flattener i Marker Maker izvedeno je cjelovito računalno projektiranje prototipa modela ženskog ronilačkog odijela. Konstruiran je jedan model ženskog ronilačkog odijela na obrađenom, skeniranom 3D modelu tijela te dodatno na parametarskom 3D modelu tijela, prilagođenom mjerama skenirane ispitanice. S obzirom na mogućnosti primjenjene metode u smislu preciznog pozicioniranja karakterističnih antropometrijskih točaka na tijelu, pri konstrukciji je potrebno razmišljati o funkcionalnosti modela odjevnog predmeta i linijama kroja osigurati pokretljivost tijela na kinematičkim točkama, potporu na kritičnim zonama naprezanja, a time i pristalost odjevnog predmeta u statičkim i dinamičkim uvjetima. Kako bi se utvrdile razlike u preciznosti krojeva konstruiranih na parametarskom i skeniranom modelu tijela, analizirane su vrijednosti izdvojenih površina odnosno krojnih dijelova, kao i vrijednosti dimenzija segmenata krojeva.

Za oba konstruirana modela ženskog ronilačkog odijela izvedene su računalne 3D simulacije, sa svrhom analize pristalosti odjevnog predmeta na modelima tijela u statičkom i dinamičkim položajima. Za dinamičke položaje odabrani su položaji s pokretima ruku u odručenju, nadručenju i predručenju, pri čemu su istražene promjene tjelesnih mjera i segmenata površine u području leđa te je provedena analiza elastičnog naprezanja odjevnog predmeta na području ramena i skapule na stražnjem dijelu. Odabrani dinamički položaji tijela definirani su prema preporuci ispitanice. Primjenom 3D flattening metode krojni dijelovi konstruirani su direktno na površini računalnog modela tijela, te je izvedena transformacija odijeljenih 3D površina u 2D krojne dijelove, sl. 2.

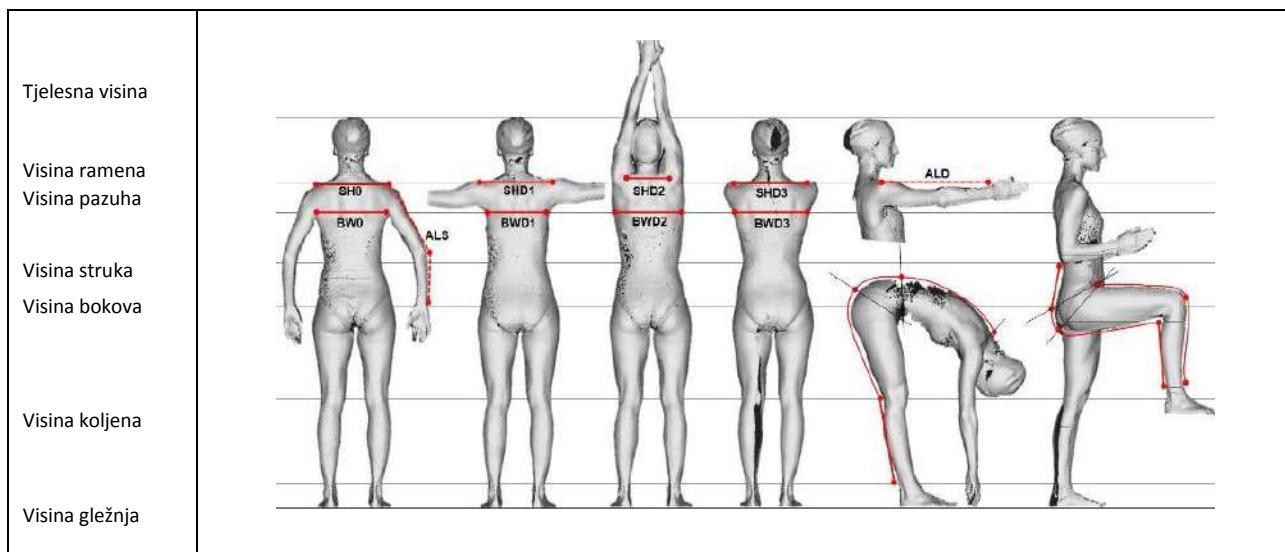


Slika 2: 3D konstrukcija ronilačkog odijela i segmentiranje 3D krojnih dijelova

## 4. Rezultati i rasprava

### 4.1 Rezultati obrade i mjerena 3D skeniranog modela ispitanice

Na računalnom modelu tijela u statičkom uspravnom položaju provedeno je automatsko utvrđivanje 154 tjelesne mjere. Za analizu promjena dimenzija tijela u zadanim položajima odabrane su dvije karakteristične mjere na području leđa; širina ramena definirana duljinom između točki akromiona te širina leđa na razini pazuha, sl. 3. Odabrane mjere su od strane profesionalne sportašice u ronjenju i proizvođača ronilačkih odijela okarakterizirane kao zone na kojima je najizraženija problematika promjena dimenzija tijela. Pri pokretanju ruku prema naprijed dolazi do pomaka ramena prema naprijed i istezanja širine leđa, a time i odjevnog predmeta, pri čemu materijal ostvaruje pritisak na tijelo i otežava pokretljivost ruku. Kod podizanja ruku iznad glave, što je karakterističan položaj tijela pri ronjenju, točke acromiuma se približavaju te se smanjuje dimenzija širine ramena, a odjevni predmet se zbog sabijanja odvaja od tijela i pojavljuju se nabori što predstavlja kritičnu zonu zbog mogućnosti prodora vode u međuprostor između tijela i odijela.



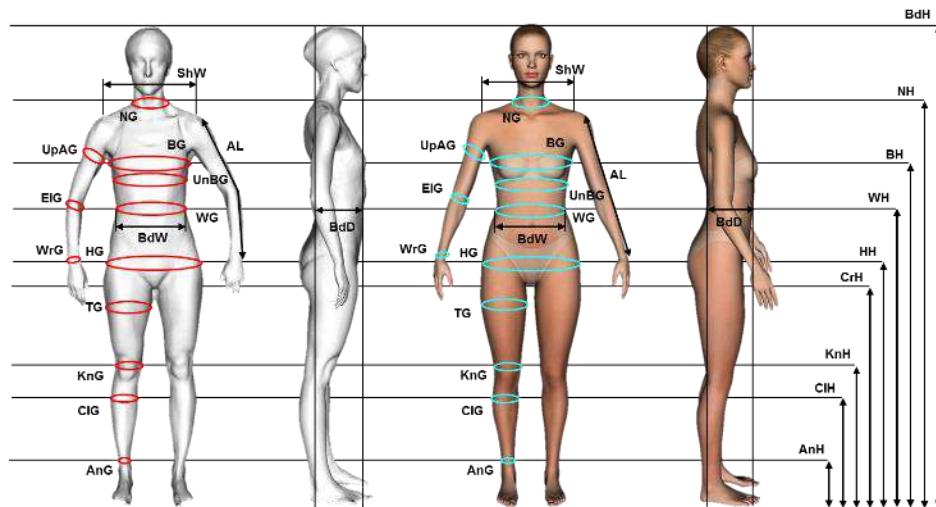
**Slika 3:** Pozicije mjera određenih u dinamičkim položajima tijela

Za prilagodbu parametarskog modela tijela mjerama skenirane ispitanice selektiran je set od 26 tjelesnih mjera, tab. 1., te je kreirana datoteka mjera, odnosno .ord datotečka, za automatsku prilagodbu dimenzija. Prije učitavanja datoteke mjera, interaktivno su prilagođeni parametri koji određuju oblik i držanje tijela. Takve mjere prilagođavaju se vizualno definiranjem izraženosti ciljane karakteristike između zadanih granica. U tom smislu na parametarskom modelu tijela su prvo prilagođeni oblik grudi i stražnjice te zakrivljenost kralježnice u torakalnom i trtičnom području, nakon čega je učitavanjem .ord datoteke izvedena automatska prilagodba ostalih tjelesnih mjera.

**Tablica 1:** Tjelesne mjere prema kojima je izvedena prilagodba parametarskog modela tijela:

Red. br.	Oznaka i naziv mjere	[cm]	Red. br.	Oznaka i naziv mjere	[cm]		
1.	BdH	Tjelesna visina	166,7	14.	NH	Visina vrata	143,4
2.	BG	Opseg grudi	81,3	15.	BdD	Dubina tijela	19,3
3.	WG	Opseg struka	65,0	16.	BdW	Širina struka	31,0
4.	HG	Opseg bokova	90,5	17.	UnBG	Potprsni opseg	69,0
5.	NG	Opseg vrata	29,5	18.		Duljina od struka do bokova	21,8
6.	BH	Visina grudi	120,3	19.	ShW	Širina ramena	43,3
7.	HH	Visina bokova	83,9	20.	WH	Visina struka	105,1
8.	KnH	Visina koljena	44,7	21.	CrH	Visina prepona	76,0
9.	AnH	Visina gležnja	7,3	22.	CIH	Visina lista	32,5
10.	KnG	Opseg koljena	30,1	23.	TG	Opseg natkoljenice	51,4
11.	AnG	Opseg gležnja	18,7	24.	CIG	Opseg lista	30,6
12.	EIG	Opseg lakta	20,4	25.	UpAG	Opseg nadlaktice	23,8
13.	AL	Duljina ramena	53,1	26.	WrG	Opseg ručnog zgloba	13,6

Na sl. 4. prikazana je usporedba skeniranog modela tijela i parametarskog modela s prikazom pozicija opsega i duljinskih tjelesnih mjera na kojima je izvedena prilagodba prema mjerama ispitanice.

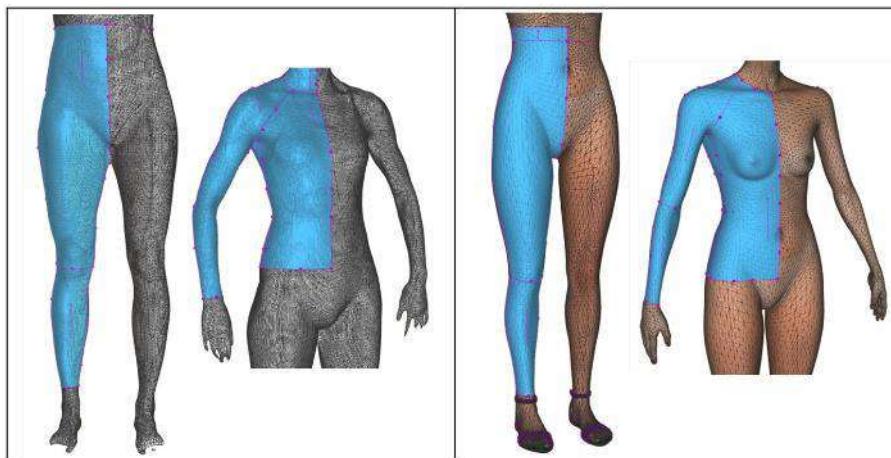


Slika 4: Pozicije mjera na skeniranom i prilagođenom parametarskom modelu tijela

#### 4.2 Rezultati 3D konstrukcije ženskog ronilačkog odijela i primjene 3D flattening metode

Projektiranje istog modela ronilačkog odijela na dva modela tijela, izvedeno je sa svrhom ispitivanja primjenjivosti 3D flattening metode na različitim modelima tijela iste osobe i definiranja optimalne metodologije pri 3D konstruiranju odjeće na površini tijela.

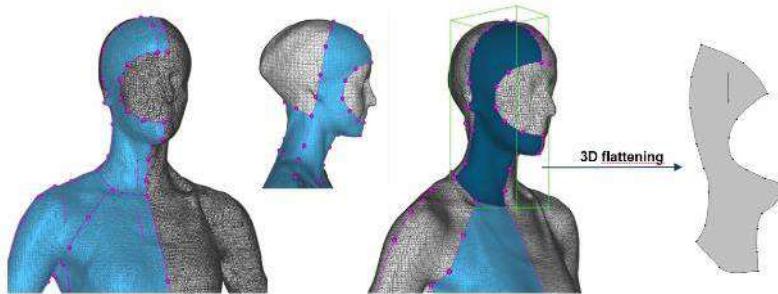
Na početku procesa konstruiranja odijela na 3D modelu tijela prvenstveno su definirane pozicije karakterističnih antropometrijskih i kinematičkih točaka na tijelu, između kojih su u kasnijoj fazi kreirane krivulje za odvajanje segmenata površine i izdvajanje krojnih dijelova. S obzirom na odabrani model i vrstu odjevnog predmeta specifične namjene te visokih kriterija u smislu pristalosti koji zahtijevaju nesmetanu pokretljivost tijela, naročito gornjih ekstremiteta, rukav modela realiziran je u raglan varijanti. Na taj način se izbjeglo poprečno rezanje preko točke acromiuma, kao centra rotacije i pokretljivosti u području ramena. Na bočnim dijelovima modela dodan je umetak s trokutastim završetkom u zoni pazuha, čime se osigurava potrebna širina u tom dijelu i sprječava zatezanje rukava pri kretanju. Na prednjem rukavu je kreirana razdjelna linija u području laka, oko koje će se pri transformaciji površina iz 3D u 2D oblik otvoriti ušitak za oblikovanje rukava u položaj blago savijen u laktu, sl. 5. Donji dio odijela konstruiran je s minimalnim brojem razdjelnih linija, te je kreirana linija ušitka na području koljena za oblikovanje i osiguranje pokretljivosti koljenog zglobo, sl. 5.



Slika 5: 3D krojni dijelovi ronilačkog odijela na skeniranom i prilagođenom parametarskom modelu tijela

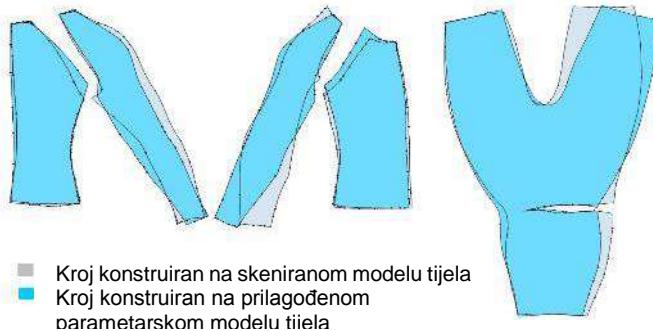
S obzirom da parametarski model tijela ne omogućuje prilagodbu dimenzija opsega glave, koja je ključna mjera pri projektiranju oglavlja, kapuljača je projektirana samo na skeniranom modelu tijela, sl. 6. te je aplicirana na

oba modela odijela, uz manju prilagodbu dimenzija segmenta vratnog izreza za povezivanje s gornjim dijelom projektiranim na parametarskom modelu tijela. Nakon kreiranja svih potrebnih točaka i linija kroja na skeniranom i na prilagođenom parametarskom modelu tijela, definirane su zasebne odjeljive površine na kojima je određen smjer pružanja linije osnove u 3D prostoru te je 3D flattening metodom izvedeno izdvajanje svih odijeljenih 3D površina i transformacija u 2D krojne dijelove.



**Slika 6:** 3D krojni dijelovi kapuljače na skeniranom modelu tijela i 2D krojni dio nakon izvedene transformacije primjenom 3D flattening metode

Transformirani 2D krojni dijelovi dorađeni su u smislu zaglađivanja razdjelnih segmenata, s obzirom da se nepravilnosti na površini samog tijela odražavaju na preciznost 3D konstrukcije krojnih dijelova.



**Slika 7:** Usporedba 2D krojnih dijelova ronilačkog odijela dobivenih 3D flattening metodom s dva računalna modela tijela ispitanice

Kako bi se utvrdila odstupanja između krojnih dijelova dobivenih 3D flattening metodom sa skeniranog modela tijela i prilagođenog parametarskog modela, provedena je usporedba preklapanjem kontura krojnih dijelova pri čemu su vidljive razlike u dimenzijama i oblicima pojedinih segmenata kroja, sl. 7.

**Tablica 2:** Usporedba površina krojnih dijelova za dva modela te prikaz površine 3D modela tijela ispitanice

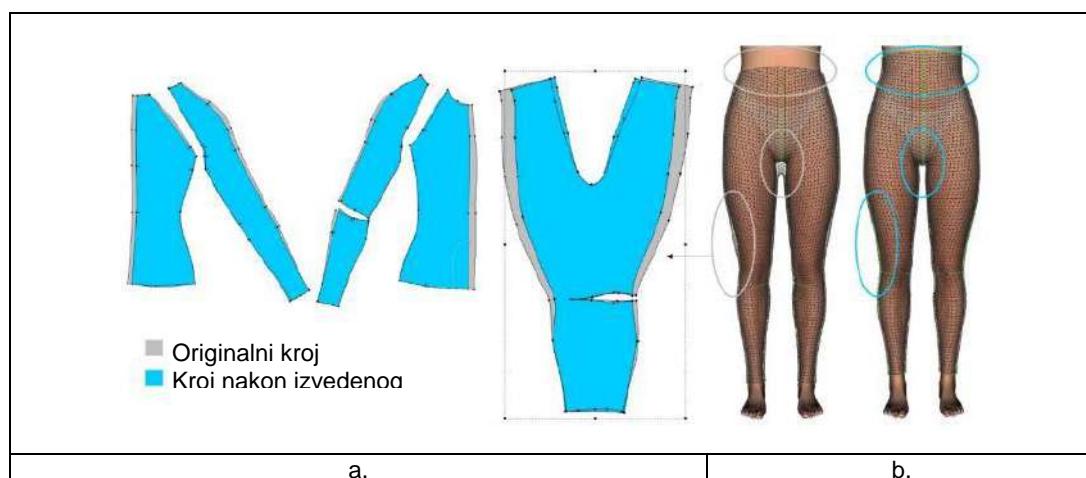
Oznake površina [cm <sup>2</sup> ]	Model 1 (konstruiran na skeniranom 3D modelu tijela)	Model 2 (konstruiran na parametarskom 3D modelu tijela)	
FP	782	746	
FS	592	605	
BP	688	678	
BS	616	606	
SI	129	134	
TRS	3533	3579	
$\Sigma$	<b>6340 x 2 = 12680</b>	<b>6348 x 2 = 12696</b>	
			 13200 cm <sup>2</sup>

Dodatno su utvrđeni iznosi površina za sve krojne dijelove, tab. 2. te su uspoređene vrijednosti ukupne površine modela ronilačkog odijela. Pri tome su utvrđene razlike u površinama pojedinačnih krojnih dijelova,

no kod zbroja ukupnih površina krojeva izdvojenih sa skeniranog i parametarskog modela tijela nije utvrđena značajna razlika.

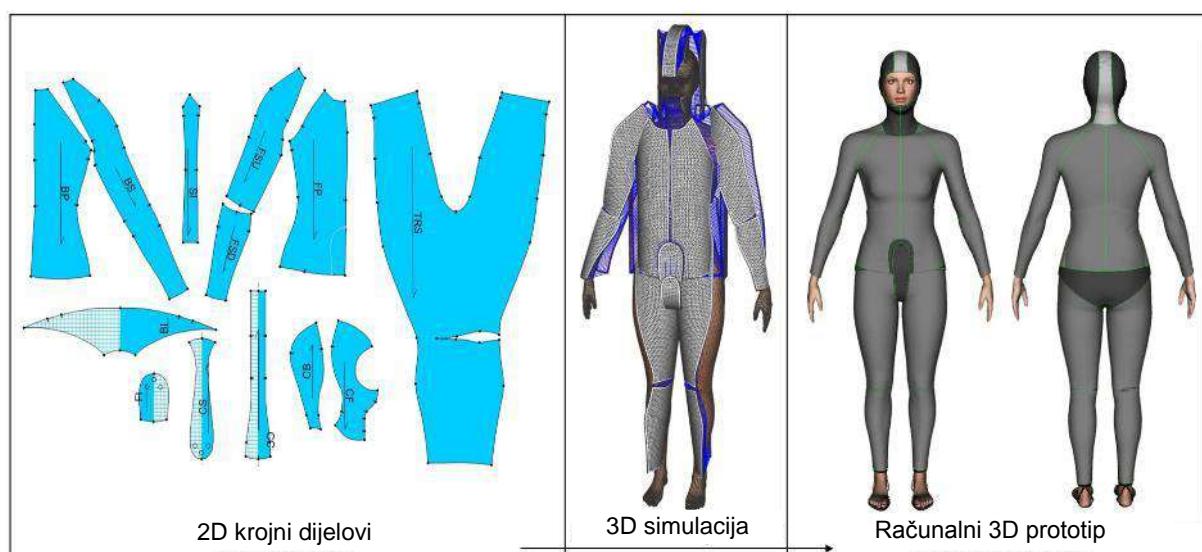
#### 4.3 Rezultati 3D simulacija prototipova modela ronilačkih odijela

Kako bi se verificirali krojni dijelovi izdvojeni metodom 3D flatteninga, izvedene su 3D simulacije oba modela ronilačkog odijela na skeniranom i na prilagođenom parametarskom modelu tijela. Pri tome su prethodno zadani svi potrebeni parametri simulacije koji se odnose na pozicioniranje pojedinog krojnog dijela u odnosu na model tijela te definiranje segmenata spajanja i njihovih svojstava u procesu simulacije. Na krojne dijelove računalno su aplicirani parametri fizikalnih i mehaničkih svojstava odabranog neopren materijala. Fizikalna i mehanička svojstva za četiri različite vrste neopren materijala, ispitana su i izmjerena na Fakultetu za strojništvo, Oddelku za tekstilstvo, Laboratoriju za tekstilne tehnologije ter fiziologiju in konstrukciju oblačil u Mariboru. Pri tome su određene vrijednosti parametara za sljedeća mehanička svojstva materijala: vlačna, savojna i smična svojstva. Od fizikalnih svojstava određene su vrijednosti parametara debljine i plošne mase materijala. S obzirom na specifičnu istezljivost neopren materijala, na simulacijama oba modela odijela utvrđena je prevelika komocija kroja te je u narednom koraku izvedeno skaliranje krojnih dijelova u poprečnom smjeru, u skladu s isteznjima svojstvima materijala, sl. 8. Definiran je iznos skupljanja od 5-10 % ovisno o poziciji i segmentu na kroju.



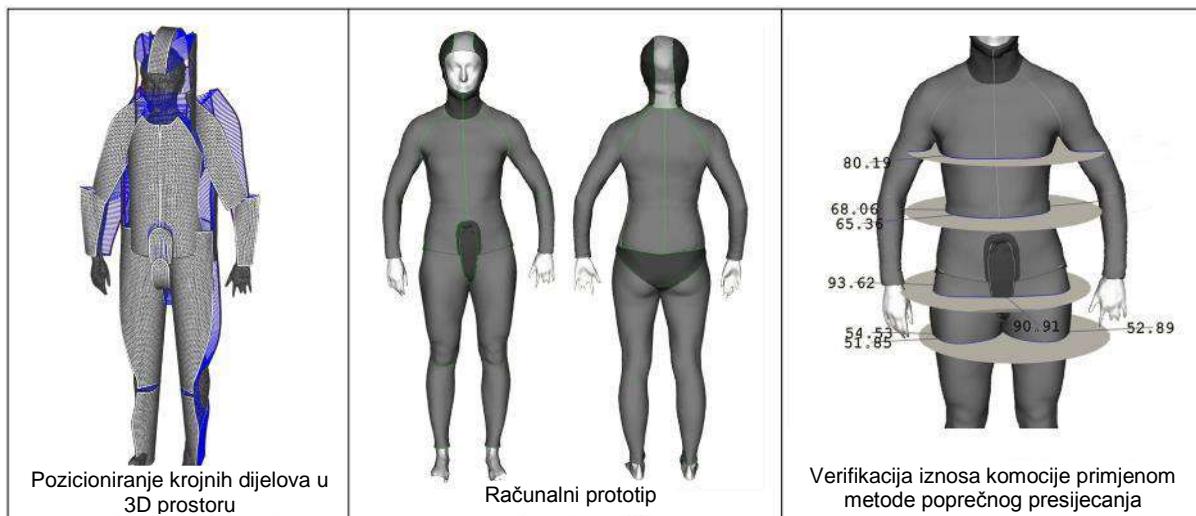
Slika 8: a. Usporedba 2D krojnih dijelova prije i nakon skaliranja u poprečnom smjeru; b. 3D simulacija prototipa s naznačenim zonama prevelike komocije modela

Vizualizacijom simuliranih prototipova oba modela nakon izvedenog skaliranja kroja, procijenjena je dobra pristalost kroja, sl. 9 i sl. 10.



Slika 9: 3D simulacija prototipa modela ronilačkog odijela na prilagođenom parametarskom modelu tijela

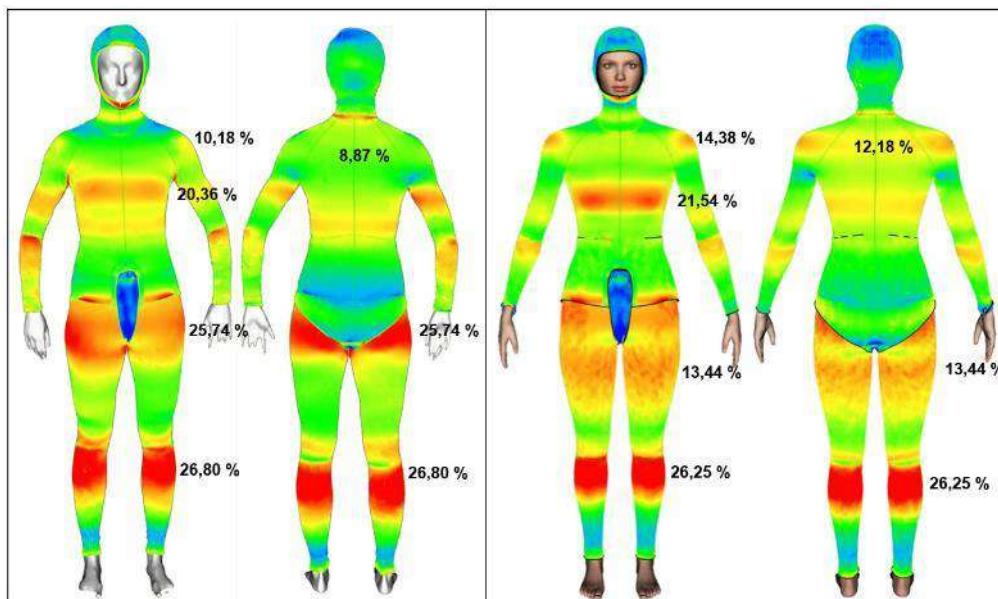
U smislu optimizacije procesa i moguće primjene metode u realnim uvjetima proizvodnje, vrednovani su dodatni kriteriji poput broja potrebnih dodatnih interaktivnih korekcija na 2D krojnim dijelovima, pozicija i pravilnosti segmenata spajanja krojnih dijelova te simetričnost krojnih dijelova. Pri tome je kao bolja i optimalnija procijenjena primjena flattening metode na prilagođenom parametarskom modelu tijela.



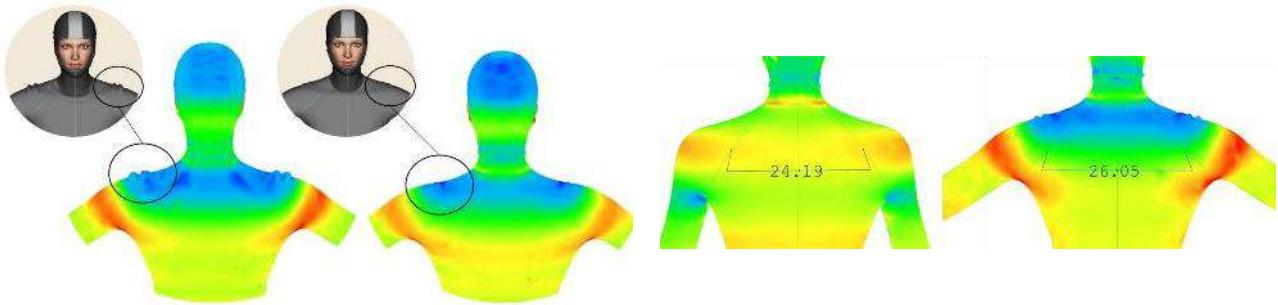
Slika 10: 3D simulacija prototipa modela ronilačkog odijela i kontrola mjera opsega na skeniranom modelu tijela

#### 4.4 Rezultati računalne analize pristalosti ronilačkog odijela u statičkom i dinamičkom položaju tijela

Na oba 3D prototipa modela ronilačkog odijela provedena je računalna analiza istezanja materijala na temelju procjene deformacije simuliranog odjevnog predmeta na karakterističnim zonama na tijelu. Za oba konstruirana prototipa modela u statičkom položaju tijela, utvrđene su vrijednosti istezanja materijala u pojedinim zonama u granicama koje osiguravaju zadovoljavajuću pristalost ronilačkog odijela, sl. 11. S obzirom na ograničenja u primjeni parametarskih i skeniranih modela tijela za izvođenje 3D simulacija prototipa modela te analizu istezanja u dinamičkim položajima tijela, izvedena je 3D simulacija i računalna analiza istezanja samo u dinamičkom položaju odručenja, sl. 12. Pri tome je utvrđena kritična zona na području ramena gdje se pri pomicanju ruku prema gore stvaraju neželjeni nabori. U tom smislu izvedene su korekcije krivuljnih segmenata kroja u području ramena te su na taj način uklonjeni nabori, sl. 12. Nakon korekcije krivulja, analizom istezanja modela ronilačkog odijela na području leđa u pokretu odručenja utvrđena je zadovoljavajuća pristalost, sl.13.



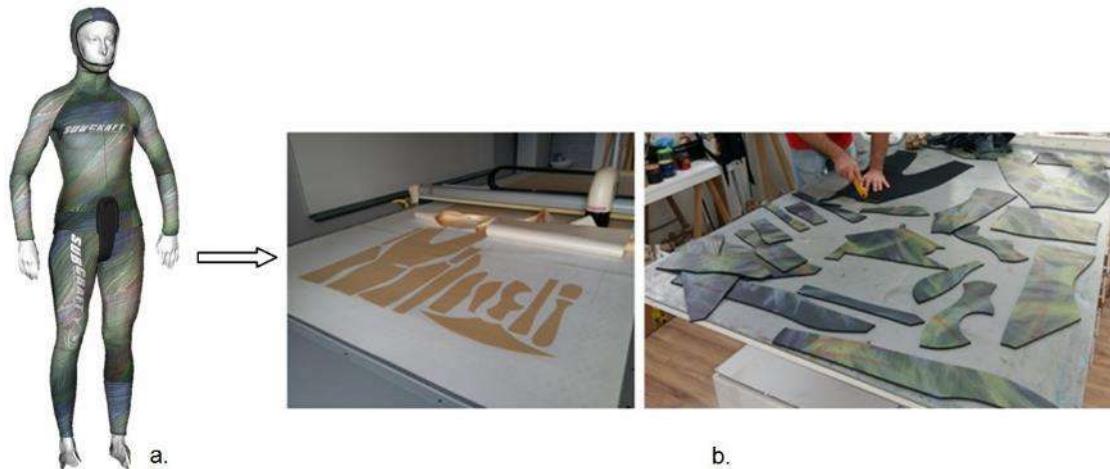
Slika 11: Računalna analiza istezanja materijala na prototipovima modela u statičkom položaju tijela



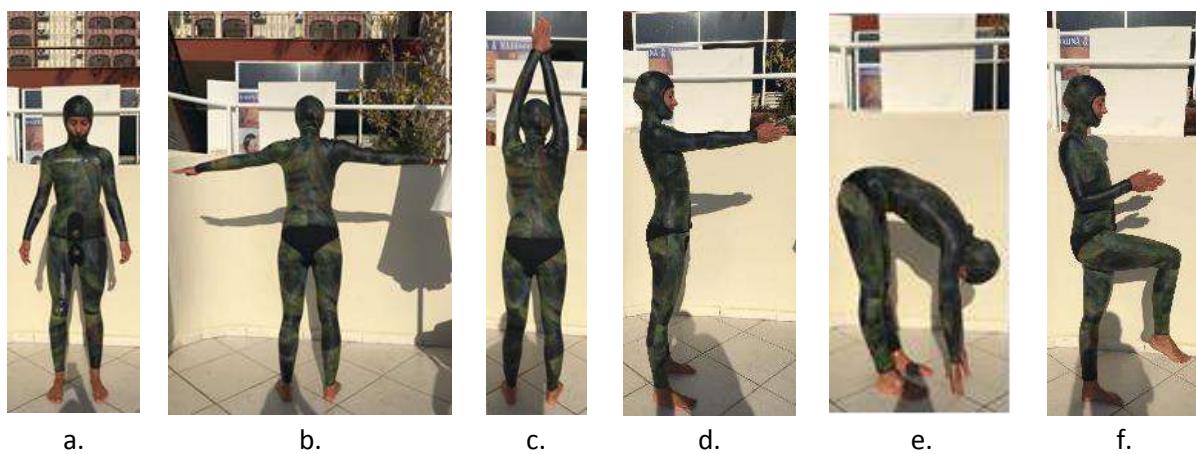
**Slika 12:** Simulacija prototipa u dinamičkom položaju – prije i nakon prilagodbe krivulje ramenog šava

**Slika 13:** Računalna analiza istezanja materijala na prototipovima modela u dinamičkom položaju tijela

Sa svrhom verifikacije cjelovitog razvojnog procesa računalnog projektiranja modela ronilačkog odijela, izrađen je realni prototip modela, sl. 14, koji je ispitница testirala u realnim uvjetima nošenja. S obzirom na prethodnu ocjenu kroja nakon izvedenih 3D simulacija na prilagođenom parametarskom i računalno obrađenom 3D skeniranom modelu tijela, za izradu realnog prototipa modela primjenjen je kroj prototipa koji je računalno konstruiran na prilagođenom parametarskom modelu tijela primjenom CAD sustava.



**Slika 14:** a. Računalni 3D prototip modela ronilačkog odijela, b. Proces izrade realnog prototipa modela ronilačkog odijela



**Slika 15:** Verifikacija realnog prototipa modela ronilačkog odijela od strane profesionalne sportašice u ronjenju u dinamičkim položajima tijela: a. Standard ISO 20685; b. D1 položaj; c. D2 položaj; d. D3 položaj; e. D4 položaj; f. D5 položaj

Prema rezultatima vrednovanja realnog prototipa u uvjetima nošenja, od strane sportašice koja se profesionalno bavi disciplinom slobodnog ronjenja na dah, procijenjena je dobra pristalost kroja modela te je

metoda verificirana kao primjenjiva za projektiranje modela ronilačkih odijela s visokim zahtjevima pristalosti i funkcionalnosti, sl. 15.

## 5. Zaključak

Cilj istraživanja prikazanog u radu je bio ocijeniti mogućnost primjene 3D skeniranog i prilagođenog parametarskog modela tijela, kao polazišta za računalnu 3D konstrukciju i cijelovito projektiranje odjevnog predmeta pripojenog uz tijelo, kod kojeg je potrebno zadovoljiti kriterije visoke pristalosti modela odjevnog predmeta. Istraživanje je provedeno na primjeru razvoja prototipa ženskog ronilačkog odijela za profesionalnu namjenu. S obzirom na visoke kriterije s aspekta funkcionalnosti i izrade koje takav odjevni predmet treba zadovoljiti, razvoj prototipa modela realiziran je u sinergiji s profesionalnom sportašicom u ronjenju, koja je definirala kriterije koje odijelo treba zadovoljiti i ocijenila realiziran prototip modela. S obzirom na specifičnost materijala i metode izrade prototipa modela, ostvarena je suradnja s tvrtkom koja se profesionalno bavi proizvodnjom ronilačkih odijela i kontinuirano unaprjeđuje razvojni proces.

Temeljem prikazanih rezultata, utvrđeno je da parametarski model tijela u CAD sustavu ima ograničen broj tjelesnih mjera koje se mogu prilagoditi, tako da ne omogućuje potpunu prilagodbu tijelu ispitnika, ali je potpuno simetričan i jednostavniji za primjenu. Skenirani, obrađeni model tijela predstavlja vjernu repliku površine tijela, međutim nije potpuno simetričan i otežano je konstruiranje modela na njemu, s obzirom na veliku gustoću mreže poligona koja definira precizan oblik površine tijela. Ukoliko se reducira gustoća mreže poligona dolazi do odstupanja od stvarnog oblika i površine tijela, a samim time i do približavanja obliku parametarskog modela tijela. Parametarski model tijela u CAD sustavu može se prilagoditi na način da ukupna površina tijela u potpunosti odgovara skeniranom modelu, bez obzira na manja odstupanja u obliku pojedinih segmenata tijela. Analizom krojnih dijelova, također je ocijenjeno da primjena flattening metode omogućuje dobivanje preciznijih krojnih dijelova s prilagođenog parametarskog modela te su ti krojni dijelovi korišteni za izradu realnog prototipa modela. Završno, analizom istezanja materijala na računalnom prototipu modela te verifikacijom realnog prototipa modela ronilačkog odijela od strane profesionalne sportašice u ronjenju, prikazana metoda je potvrđena kao metoda koja omogućuje projektiranje funkcionalnog modela odjevnog predmeta pripojenog uz tijelo.

## Literatura

- [1] Gupta, D.: Design and engineering of functional clothing, Indian Journal of Fibre & Textile Research, 36 (2011), str. 327-335, ISSN: 0975-1025
- [2] Diving Unlimited International, Inc.: Dui Drysuit Owner's Manual, EN 14225-2:2005, San Diego, CA 92102-2499 USA, (2013)
- [3] Simmons, K. et al.: Female figure identification technique (FFIT) for apparel Part II: Development of shape sorting software, Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, 4 (2004), 1, str. 1-16
- [4] Vuruskan, A. and Bulgun, E: Identification of female body shapes based on numerical evaluations, International Journal of Clothing Science and Technology, 23 (2011), 1, str. 46-60
- [5] Petrak, S. et al.: Impact of Male Body Posture and Shape on Design and Garment Fit, Fibers and Textiles in Eastern Europe, 23 (2015) No.6, str. 150-158, ISSN: 1230-3666
- [6] Mahnić Naglić, M., Petrak, S. & Stjepanović, Z.: Analysis of 3D Construction of Tight Fit Clothing Based on Parametric and Scanned Body Models, Proceedings of 7th International Conference on 3D Body Scanning Technologies / D'Apuzzo, N. (ur.), str. 302-313, ISBN: 978-3-033-05981-8, Lugano, Switzerland, 30 Nov.-1 Dec. 2016, Hometrica Consulting, Lugano, Switzerland (2016)
- [7] Zhang, Y. et al.: Optimal fitting of strain-controlled flattenable mesh surfaces, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2016, str.1-15, online ISSN 1433-3015, <http://homepage.tudelft.nl/h05k3/pubs/AMTOptimalFitting.pdf>
- [8] Wang, C. C.L. & Tang, K.: Pattern computation for compression garment by a physical/geometric approach, Computer-Aided Design, 42 (2010), 2, str. 78-86, ISSN: 0010-4485
- [9] Stjepanović, Z. et al.: 3D virtual prototyping of a ski jumpsuit based on a reconstructed body scan model, Buletinul Institutului Politehnic din Iași. Secția Textile, Pielărie, 57 (2011), 6, strp. 17-30
- [10] Dostupno na: URL: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Lidija\\_Lji%C4%87\\_Vuli%C4%87](https://hr.wikipedia.org/wiki/Lidija_Lji%C4%87_Vuli%C4%87), Pristupljeno: 07.10.2016.
- [11] Dostupno na: URL: <https://www.facebook.com/Lidija-Lijic-Freediving-169114609794851/>, Pristupljeno: 07.10.2016.
- [12] Dostupno na: URL: <http://www.subcraft-store.com/>, Pristupljeno: 09.11.2016.
- [13] Dostupno na: URL: <https://www.ursuit.com/fabrics>, Pristupljeno: 10.10.2016.

- [14] Dostupno na: URL: <http://www.cordura.com/en/fabric/classic-fabric.html>, Přistupljeno: 10.10.2016.
  - [15] The Guide to Spearfishing in New South Wales, Australian Government, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Underwater Skindiver's and Fishermen's Association (USFA), Sydney, Australia, 2008.
  - [16] Naebe, M. et. al.: Assessment of performance properties of wetsuits, The Journal of Sports Engineering and Technology, (2013), ISSN 1754-3371.
  - [17] Pelizzari, U. & Tovagliero, S.: Manual of Freediving: Underwater on a Single Breath, Idelson Gnocchi Pub; Rev Upd edition (September 4, 2004), ISBN-10: 1928649270
  - [18] Petrak , S. et al.: Research of 3D Body Models Computer Adjustment Based on Anthropometric Data Determined by Laser 3D Scanner, Proceedings of 3th International Conference on 3D Body Scanning Technologies / D'Apuzzo, N. (ur.), 115-126, ISBN 978-3-033-03651-2, Lugano, Switzerland, 2012, Hometrica Consulting, Lugano, Switzerland (2012)

Zahvala

Istraživanje je u potpunosti financirano od strane Hrvatske zaklade za znanost pod šifrom projekta 3011.  
Application of mathematical modeling and intelligent algorithms in clothing construction.

Zahvaljujemo se prof. dr. sc. Jelki Geršak s Univerze v Mariboru, Fakultete za strojništvo na suradnji s članovima projekta i ustupanju znanstveno-istraživačke opreme za provedbu dijela istraživanja.

**Autor(i):**

Izv. prof. dr. sc. Slavenka PETRAK; Maja MAHNIĆ NAGLIĆ, mag.ing.techn.text.  
Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zavod za odjevnu tehnologiju  
Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb, Hrvatska  
Tel: +(385) (1) 3712 543 Fax: +(385) (1) 3712 599

E-mail: slavenka.petrak@ttf.hr  
maja.mahnic@ttf.hr

Daniel PINTARIĆ  
Web: [www.subcraft-store.com](http://www.subcraft-store.com)  
SHOWROOM & SHOP: Vlaška 60, Zagreb, RH  
Oboj VI odvojak, HR-10000 Zagreb, Hrvatska  
Tel: +385 (0) 91 456 78 90

E-mail: daniel.pintaric@subcraft.hr

# POSTOJANOST VODO- I ULJE-ODBOJNIH APRETURA NA PAMUČNIM TKANINAMA NA UVJETE ODRŽAVANJA

## DURABILITY OF WATER AND OIL REPELLENT FINISH ON COTTON FABRICS TO MAINTENANCE CONDITIONS

Tihana DEKANIĆ; Lidia MARTINEZ MENENDEZ; Sandra FLINČEC GRGAC; Tanja PUŠIĆ & Anita TARBUK

**Sažetak:** Vodo- i ulje-odbojnost celuloznih materijala postiže se umrežavanjem fluorkarbonske (FC) smole pri povisenoj temperaturi u fazi kondenzacije. Međutim, FC smole, niti nakon kondenzacije, nisu uvijek postojane na održavanje. Stoga je u ovom radu istražena postojanost vodo- i ulje-odbojne apreture na pamučnim tkaninama na uvjete pranja, sušenja i glaćanja. U tu svrhu su bijela, žuta i ružičasta pamučna tkanina obrađene FC smolom uz dodatak ekstendera. Postojanost vodo- i ulje-odbojnih i efekata te tona boje ispitani su nakon pranja sa standardnim deterdžentom, sušenja i glaćanja.

**Abstract:** The high water- and oil-repellency of the cellulose fabrics can be achieved by fluorocarbon (FC) resin crosslinked at high temperature in the condensation phase. However, FC resin, even after curing, is not persistant to maintenance conditions. In this paper the cotton oil- and water-repellency durability on washing and ironing was tested. For that purpose white, yellow and pink cotton fabrics were treated with FC resin with addition of extenders. Oil- and – water repellency as well as change in shade were determined after washing with standard detergent, drying and ironing.

**Ključne riječi:** pamuk, uljeodbojnosc, vodooodbojnosc, promjena u boji, pranje, glaćanje

**Keywords:** cotton, oil-repellency, water-repellency, change in shade, washing, ironing

### 1. Uvod

Fluorkarbonska (FC) smola, s vrijednostima kritične površinske napetosti do 15 mN/m, u fazi kondenzacije formira polimerni film na površini tekstilnih materijala, što rezultira svojstvima vodo- i ulje-odbojnošću. Nakon impregnacije materijal se suši pri temperaturi od oko 110 °C i kondenzira u rasponu temperatura od 150 do 170 °C cirkuliranjem vrućeg zraka. Visoke temperature mogu uzrokovati oštećenje materijala ili promjenu tona boje [1-5].

FC smole odlikuju se izvanrednom kemijskom i termičkom stabilnošću, što doprinosi postojanosti na uvjete održavanja apretiranih materijala [1]. Prethodna istraživanja pokazala su da je postojanost bolja kod sintetskih materijala, te da se vodo-odbojnost smanjuje s brojem pranja, ali se nadoknađuje glaćanjem [4-6]. Iz navedenog razloga istraživanja u ovom radu usmjereni su na postojanost vodo- i ulje-odbojno apretiranih pamučnih tkanina na uvjete održavanja: pranje, sušenje i glaćanje.

### 2. Eksperimentalni dio

U svrhu istraživanja postojanosti vodo- i ulje-odbojno apretiranih pamučnih tkanina na uvjete održavanja tri pamučne tkanine (tab.1 – B, R, Ž) obrađene su FC smolom uz dodatak ekstendera (tab.1. – apretura A).

Postupak pranja proveden je kroz 5 ciklusa prema HRN ISO 6330:2012 *Tekstil — Postupci pranja i sušenja u kućanstvu za ispitivanje tekstila* na 60 °C, u vremenu od 45 min, primjenom 2,5 g/l standardnog ECE deterdženta poznatog i definiranog sastava (HRN EN ISO 105-C06:2010 *Tekstil -- Ispitivanje postojanosti obojenja - Dio C06: Postojanost obojenja pri pranju u kućanstvu i komercijalnom pranju*) kroz pet ciklusa pranja. Potom su tkanine isprane vodom i sušene na zraku. Dio pamučnih tkanina između ciklusa pranja je glaćan poluprofesionalnim valjkom za glaćanje na 200 °C.

Prije ispitivanja svih svojstava uzorci su kondicionirani 24 h u standardnoj atmosferi. Kvašenje materijala prije i nakon obrade, te uvjeta održavanja ispitano je prema AATCC TM 79-2014 *Absorbency of Bleached Textiles (Drop test)*.

**Tablica 1:** Opis i obrada tkanina

Tkanina	Opis/obrada
B	Tkanina, damast vez, 100 % pamuk, 175 g/m <sup>2</sup> , optički bijeljena (Tvornica tekstila Trgovišće d.o.o., TTT)
Ž	Tkanina, damast vez, 100 % pamuk, 220 g/m <sup>2</sup> / bojadisana pastelno žuti ton (TTT)
R	Tkanina, damast vez, 100 % pamuk, 220 g/m <sup>2</sup> / bojadisana pastelno ružičasti ton (TTT)
A	Apretura: 40 g/l Sevophob FTU (Textilcolor) – FC smola, 40 g/l Sevophob W (Textilcolor) – ekstender - vodena emulzija polimernih voskova, 1 g/l Kemonetzer NI (Kemo) – neionski tenzid, pH 5 (podešeno s CH <sub>3</sub> COOH) <u>Obrada impregnacija (E<sub>c</sub> 90 %) -sušenje ((80 °C, 4 min) - kondenzacija;; 160 °C, 3 min)</u>

Vodooodbojnosc tkanina je ispitana prema HRN EN ISO 4920:2012 - *Tkanine - Određivanje otpornosti na površinsko vlaženje (ispitivanje raspršivanjem)* te HRN EN 29865:2008 - *Tekstilje - Određivanje vodooodbojnosi tkanina ispitivanje pomoću okišnjavanja po Bundesmannu*. Uljeodbojnosc je određena prema AATCC TM 118-2013 *Oil Repellency: Hydrocarbon Resistance Test* primjenom sljedećih kapljivina: 1 – parafinsko ulje, 2 – 65:35 parafinsko ulje: n-heksadekan, 3–n-heksadekan, 4–n-tetradekan, 5 n-dodekan, 6–n-dekan, 7 – n-oktan, te 8 – n-heptan.

Mjerjenje spektralnih karakteristika provedeno je na remisijskom spektrofotometru Spectraflash SF 600 PLUS-CT, tt. Datacolor. Određivanje ukupne razlike u boji (dE) i usporedba sa sivom skalom provedena je instrumentalnom metodom prema ISO 105-A05:2003 *Tekstil - Ispitivanje postojanosti obojenja - Dio A05: Instrumentalna metoda određivanja promjene boje u usporedbi s vrijednostima sive skale*.

### 3. Rezultati s raspravom

U ovom radu istražena je postojanost vodo- i ulje-odbojno apretiranih pamučnih tkanina na uvjete održavanja: 5 ciklusa pranja, sušenja i glaćanja. Hidrofilnost površine tkanina kroz vrijeme kvašenja prikazana je u tab.2, ocjene vodo-odbojnosti u tab.3-5 i ulje-odbojnosti u tab.6.

**Tablica 2:** Vrijeme kvašenja t [s]

Tkanina	t [s]					
	Bez glaćanja			S glaćanjem		
	Prije pranja i sušenja	Pranje i sušenje; 1. ciklus	Pranje i sušenje; 5. ciklus	Prije pranja i sušenja	Pranje i sušenje; 1. ciklus	Pranje i sušenje; 5. ciklus
B	<1	<1	<1	<1	<1	<1
BA	>300	>300	39	>300	>300	>300
Ž	2	1	<1	2	1	1
ŽA	>300	>300	104	>300	>300	>300
R	1	1	<1	1	1	1
RA	>300	>300	56	>300	>300	>300

**Tablica 3:** Vodo-odbojnosc pamučnih tkanina prema HRN EN ISO 4920:2012

Tkanina	Bez glaćanja			S glaćanjem		
	Prije pranja i sušenja	Pranje i sušenje; 1. ciklus	Pranje i sušenje; 5. ciklus	Prije pranja i sušenja	Pranje i sušenje; 1. ciklus	Pranje i sušenje; 5. ciklus
B	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0
BA	ISO 5	ISO 4	ISO 2	ISO 5	ISO 4	ISO 5
Ž	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0
ŽA	ISO 4	ISO 0	ISO 0	ISO 5	ISO 0	ISO 1
R	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0
RA	ISO 5	ISO 0	ISO 0	ISO 5	ISO 0	ISO 1

Rezultati kvašenja i vodo-odbojnosti (tab. 2-5) pokazuju da su neapretirane tkanine hidrofilne, što je bilo i za očekivati. Nakon obrade FC smolom iz rezultata vodooodbojnosti vidljivo je da se postižu izvrsna svojstva (ISO

5). S obzirom da ispitivanje po ovoj metodi (Spray test) daje samo ocjenu izgleda površine materijala, provedeno je ispitivanje vodo-odbojnosti po metodi okišnjavanja.

Primjenom FC smola snižava se površinska napetost na oko 27 mN/m na što ukazuje vrijednost ulje-odbojnosti 3 ( $\gamma_{n\text{-heksadekan}} = 27,3 \text{ mN/m}$ ). Iz tog razloga rezultati vodo-odbojnosti su nešto bolji od ulje-odbojnosti jer je  $\gamma_{voda} = 72,75 \text{ mN/m}$ .

**Tablica 4:** Ocjena vodo-odbojnog pamučnih tkanina prema ISO 9865:1991 (Spray Test)

Tkanina	Bez glačanja			S glačanjem		
	Prije pranja i sušenja	Pranje i sušenje; 1. ciklus	Pranje i sušenje; 5. ciklus	Prije pranja i sušenja	Pranje i sušenje; 1. ciklus	Pranje i sušenje; 5. ciklus
B	1	1	1	1	1	1
BA	4	3	2	5	3	4
Ž	1	1	1	1	1	1
ŽA	3	1	1	2	1	2
R	1	1	1	1	1	1
RA	2	1	1	2	1	2

**Tablica 5:** Rezultati vodo-odbojnosti pamučnih tkanina okišnjavanjem prema Bundesmannu, nakon obrade i 5 ciklusa pranja, sušenja i glačanja

Tkanina	Prije pranja, sušenja i glačanja			Nakon 5. ciklusa pranja, sušenja i glačanja		
	Ocjena	Aps. voda [%]	Volumen vode [ml]	Ocjena	Aps. voda [%]	Volumen vode [ml]
B	1	92,9	9,4	1	94,3	8,0
BA	4	18,6	26,1	4	26,1	25,1
Ž	1	81,4	7,2	1	75,5	6,0
ŽA	3	26,9	24,0	2	37,6	6,6
R	1	80,1	8,6	1	59,9	25,3
RA	2	43,3	24,8	2	27,0	18,0

**Tablica 6:** Uljeodbojnosc pamučnih tkanina prema AATCC TM 118-2013

Tkanina	Bez glačanja			S glačanjem		
	Prije pranja i sušenja	Pranje i sušenje; 1. ciklus	Pranje i sušenje; 5. ciklus	Prije pranja i sušenja	Pranje i sušenje; 1. ciklus	Pranje i sušenje; 5. ciklus
B	0	0	0	0	0	0
BA	3	3	0	3	0	0
Ž	0	0	0	0	0	0
ŽA	3	0	0	3	0	0
R	0	0	0	0	0	0
RA	3	0	0	3	0	0

Utjecaj postupaka održavanja na postojanost obrade FC smolom treba sagledati kroz dva sustava: 1. Sustav celuloza/smola/voda tijekom pranja; 2. Sustav celuloza/smola/kontaktna toplina tijekom glačanja. Radi razlika u površinskim energijama unutar sustava, u dodiru s vodom dolazi do pucanja polimernog filma tijekom pranja. Učinak se dodatno pojačava djelovanjem deterdženta i mehanike. Sušenjem, zbog isparavanja vode, dolazi do smanjenja adhezije između celuloze i FC smole. S druge strane, za vrijeme glačanja dolazi do reaktivacije i orijentacije molekula polimernog filma FC smole koja može rezultirati stvaranjem novih veza s vlaknom te na taj način poboljšati postojanost apreture. Zato se uočavaju vrlo velike razlike kod tkanina koje su samo sušene i onih koje su glačane između ciklusa pranja. Glačane tkanine pokazuju znatno bolje rezultate postojanosti [7]. Utjecaj glačanja vidljiv je i na neobrađenim tkaninama zbog mehaničko-toplinskog djelovanja koje rezultira zaglađenošću površine.

Valja istaknuti da se na bijeljenoj tkanini postižu najviše ocjene vodo-odbojnosti koje su postojane na uvjete održavanja jer se izvrsna ocjena zadržava nakon 5 ciklusa pranja i glaćanja. Ista pojava je uočljiva na pastelno obojenim tkaninama, ali su ocjene nešto niže. Mogući razlog nižim ocjenama je rezervacija aktivnih skupina celuloze u procesu bojadisanja jer su prema deklaraciji proizvođača žuta i ružičasta tkanina obojene reduktivnim bojilima.

Obzirom da reduktivna bojila odlikuje izvrsnu postojanost na svjetlost, mokre obrade i klor, istražena je promjena tona boje, nakon obrade i uvjeta održavanja. Rezultati i usporedba sa sivom skalom pamučnih tkanina prema ISO 105-A05 dani su u tab.7.

**Tablica 7:** Ukupna razlika u boji (dE) i usporedba sa sivom skalom pamučnih tkanina prema ISO 105-A05

Tkanina	Bez glaćanja						S glaćanjem					
	Prije pranja i sušenja		Pranje i sušenje; 1. ciklus		Pranje i sušenje; 5. ciklus		Prije pranja i sušenja		Pranje i sušenje; 1. ciklus		Pranje i sušenje; 5. ciklus	
B	0	5	0,125	5	0,147	5	0,257	5	0,204	5	0,124	5
BA	2,284	4-5	0,290	5	3,077	4-5	2,919	4-5	2,070	4-5	3,441	4-5
Ž	0	5	0,124	5	0,241	5	0,667	5	0,704	5	0,109	5
ŽA	1,182	5	0,887	5	0,803	5	1,897	5	0,931	5	0,163	5
R	0	5	0,214	5	0,265	5	0,847	5	0,578	5	0,532	5
RA	2,173	5	0,812	5	1,884	4-5	2,034	4-5	0,722	5	1,445	5

Iz tab.7. vidljivo je da pastelno obojene tkanine, žutog i ružičastog tona, imaju izvrsnu postojanost na pranje, bez obzira da li je bilo provedeno glaćanje između ciklusa ili ne. Razlog ove visoke postojanosti pastelnih tonova je pranje deterdžentom koje ne sadrži optičko bjelilo [8].

Optički bijeljena tkanina (B) ima neznatno nižu ocjenu, 4-5. Razlog tomu je gubitak dijela optičkog bjelila u pranju. Kako je za ovo ispitivanje primijenjen standardni ECE deterdžent bez optičkog bjelila, bilo je za očekivati nešto nižu ocjenu.

#### 4. Zaključak

Primjenom FC smola na bijeljenoj tkanini postiže se visoka vodo- i ulje-odbojnost postojane na uvjete održavanja, ako se provodi glaćanje između ciklusa pranja. Ukoliko se ne provodi, dolazi do uklanjanja apreture. Vodo- i ulje-odbojnost postignute su i na pastelno obojenim tkaninama, s naglaskom na slabiju postojanost na uvjete održavanja. Uzrok tomu je slabije umrežavanje FC smole zbog prethodno rezerviranih aktivnih mesta reduktivnim bojadisanjem.

#### Literatura

- [1] Holme, I.: Fluorochemical Repellent Finishes in *Textile Finishing* (Ed. Heywood, D.), Chapter 5: Water-repellency and waterproofing; Society of Dyers and Colourists, ISBN 0 901956 81 3, Bradford, England (2003), 166-186
- [2] Černe, L.; Simončić, B. & Željko, M.: The influence of repellent coatings on surface free energy of glass plate and cotton fabric, *Applied Surface Science*, **254** (2008) 20, 6467–6477, **ISSN** 0169-4332
- [3] Černe, L. & Simončić, B. Influence of repellent finishing on the surface free energy of cellulosic textile substrates, *Textile Research Journal*, **74** (2004) 5, 426–432, **ISSN** 0040-5175
- [4] Juhué, D. et al.: Washing Durability of Cotton Coated with a Fluorinated Resin: An AFM, XPS, and Low Frequency Mechanical Spectroscopy Study, *Textile Research Journal*, **72** (2002) 9, 832-843, **ISSN** 0040-5175
- [5] Sato, Y. et al.: Effect of Crosslinking Agents on Water Repellency of Cotton Fabrics Treated with Fluorocarbon Resin, *Textile Research Journal*, **64** (1994) 6, 316-320, **ISSN** 0040-5175
- [6] Wakida, T. et al.: The Effect of Washing and Heat Treatment on the Surface Characteristics of Fluorocarbon Resin-treated Polyester, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, **109** (1993) 9, 292–296, **ISSN** 0037-9859
- [7] Dekanić, T. et al: The low-temperature curing for durable cotton oil- and water- repellency, *Book of Proceedings of the 8th International Textile, Clothing & Design Conference*, Hursa Šajatović, A.;



Vujasinović, E. (ed.), 159-164, ISSN 1847-7275, Dubrovnik, 2-5.10.2016., Zagreb: University of Zagreb,  
Faculty of Textile Technology (2016)

- [8] Pušić, T. & Soljačić, I.: The Impact of Fluorescent Compounds on the Change in Shade of Pastel Colored  
PES/Cotton Fabrics, *Tenside Surfactant Detergents*, **45** (2008) 6, 314-319, ISSN 0932-3414

### Zahvala

*The work has been supported by Croatian Science Foundation under the project 9967 Advanced textile materials by targeted surface modification.*

*The authors thank the company Textilcolor for donation of FC resins and auxiliaries.*

*The authors would like to acknowledge the ERASMUS+ mobility programme for students.*

### Autori:

Dr. sc. Tihana DEKANIĆ; Doc. dr. sc. Sandra FLINČEC GRGAC; Prof. dr. sc. Tanja PUŠIĆ; Doc. dr. sc. Anita TARBUK  
Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet

Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb, Croatia

Tel: ++385 1 48 77 366

Fax: ++385 1 48 77 354

E-mail: tihana.dekanic@ttf.hr

Tel: ++385 1 48 77 354

Fax: ++385 1 48 77 354

tpusic@ttf.hr

Tel: ++385 1 48 77 358

Fax: ++385 1 48 77 358

sflincec@ttf.hr, anita.tarbuk@ttf.hr

Lidia MARTINEZ MENENDEZ, BSc

Politecnical University of Catalonia, Terrassa School of Industrial, Aerospace and Audiovisual Engineering

Terrassa Campus, C. Colom, 1 08222 Terrassa, Spain

Phone: +34 93 7398160

Fax: +34 93 7398101

E-mail: lidiamartinezmenendez@gmail.com

## PRIMJENA MIKROKAPUSLIRANIH TERMOKROMNIH BOJILA U DIZAJNU TEKSTILA

### APPLICATION OF MICROCAPSULATED THERMOCHROMIC DYES IN TEXTILE DESIGN

Iva MATIJEVIĆ; Antonela FULIR & Ana SUTLOVIĆ

**Sažetak:** S ciljem spajanja dizajnerskih i tehnoloških znanja u ovom radu je realiziran proizvod, zavjesa, s posebnim estetskim efektima. Pritom su korištena mikrokapsulirana termokromna bojila koja uslijed promjene temperature mijenjaju boju. Bojila su nanesena na tkanine tehnikom sito tiska. Analiziran je utjecaj tehničkih specifikacija poliesterskih tkanina na vidljivost efekta. Spektrofotometrijskom analizom optimirana je koncentracija termokromnih bojila u temperaturnom rasponu primjene.

**Abstract:** With the aim of merging design and technological knowledge, curtains with special aesthetic effects are realized. The microcapsulated thermochromic dyes sensitive to temperature changes were used. Dyes are applied to the textile by screen printing technique. Influence of technical specifications of polyester fabric on visible effects was analysed. Thermochromic dyes concentrations in the application temperature range were optimized by spectrophotometric analysis.

**Ključne riječi:** termokromna bojila, spektrofotometrija, sito tisk, mikrokapsule.

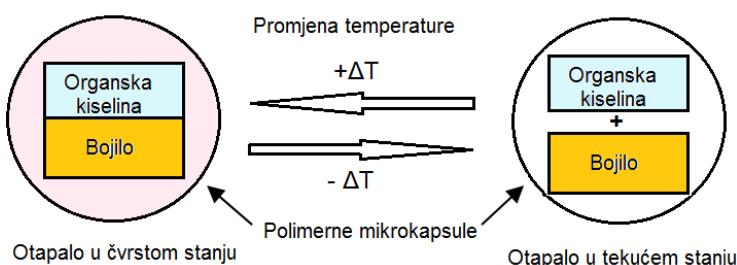
**Keywords:** thermochromic dye, spectrophotometry, screen printing, microcapsules.

#### 1. Uvod

Zbog različitih fizikalno-kemijskih promjena na razini molekule, neka bojila imaju karakteristiku mijenjanja svojeg obojenja u prisutnosti temperature, kiseline, dužina, sunčeve svjetlosti, vode, mehaničkog opterećenja, napona struje i drugih stimulansa. Takva su bojila prepoznata kao pametna bojila. Fenomen promjene obojenja pojedinih spojeva poznat je i u upotrebi već stoljećima. Međutim, pravi termokromni materijali počeli su se proizvoditi u laboratorijima šezdesetih godina prošlog stoljeća. Umjesto električne struje, kao aktivator promjene obojenja počinje se koristiti temperatura, odnosno toplina [1].

Kromizam je fenomen reverzibilne ili ireverzibilne promjene obojenja i odnosi se na pojave kod kojih je boja rezultat širokog spektra interakcije svjetla i materijala. To je proces koji inducira reverzibilnu promjenu boje komponenata kemijskog spoja, što uključuje promjene poput pucanja kemijskih veza ili promjene molekulske konformacije [2]. Područje primjene kromogenih, pametnih bojila je uistinu široko. Značajnije mogućnosti odnose se na razvoj pametnih, odnosno inteligentnih tekstilnih materijala (u kontekstu mode, dekoracije, igračaka, maskirne odjeće, termoregulacije i raznih fleksibilnih senzora), koji imaju svojstvo osjeta stimulansa različite prirode, reagiranja na isti i prilagođavanja novonastalim uvjetima. Inteligencija ovih bojila ovisi o njihovoj sposobnosti da reagiraju na vanjske podražaje, koji mogu biti fizički, kemijski ili mehanički [2]. Termokromizam je najčešći pojava kromizma kod koje do promjene obojenja dolazi uslijed djelovanja topline. Efekt termokromizma može se definirati kao lako uočljiva reverzibilna promjena obojenja do koje dolazi prilikom postizanja temperature vrelista tekućina, odnosno otapala te točke tališta u slučaju da se radi o krutinama [2]. Ako je temperatura ispod točke tališta otapala, komponente koje tvore bojilo dolaze u kontakt te zbog interakcije elektrona javlja se vidljiva boja. S druge strane, ako je temperatura iznad točke tališta otapala, komponente koje tvore bojilo se odvoje te je posljedica toga nemogućnost interakcije elektrona zbog čega nema pojave vidljive boje [2]. Stoga, možemo zaključiti da je toplina jedini uvjet za promjenu boje kromofora te po prestanku njena djelovanja dolazi do povrata u toplinski stabilnije stanje molekule, odnosno do povrata boje (slika 1). Razvojem tehnologije termokromni materijali se na tržištu sve više pojavljuju u vidu tiskarskih boja, papira i bojila [1]. To je prouzročilo zanimanje za termokromizam pa su uskoro otkrivene i druge skupine molekula koje imaju sposobnost obojenja, među kojima su najpopularnija bila leuko bojila. Sustavi termokromije mogu se jednostavno klasificirati u dvije osnovne skupine: sustav na bazi leuko bojila i sustav na bazi tekućih kristala [3]. Češće se koristi sustav na bazi leuko bojila. Promjena obojenja u ovom se sustavu temelji na interakciji triju komponenata: bojila (leuko bojilo), razvijača obojenja (kiselina) i otapala s niskom točkom tališta. Leuko bojila su bojila čije molekule mogu imati dva oblika, od kojih je jedan bezbojan (npr. spiro oblik oksazina jest bezbojno leuko bojilo). Promjena boje pojavljuje se kroz dvije reakcije, odnosno između

bojila i razvijača obojenja te između otapala i razvijača obojenja. Prva od ove dvije interakcije prevladava pri nižim temperaturama na kojima se otapalo nalazi u krutom stanju, tvoreći obojenje u kompleksu bojila i razvijača obojenja. Povećanjem temperature, otapalo prelazi u tekući oblik i uzrokuje raspad kompleksa bojila i razvijača obojenja, što sustav pretvara u bezbojno stanje. Prilikom ponovnog hlađenja, otapalo se stvrdne, a bojilo i razvijač obojenja se vrate u prvobitno stanje. Kod ireverzibilnih promjena na bazi leuko bojila, nema vraćanja u prvobitno stanje. Druga interakcija između razvijača i otapala smatra se najbitnijom za postizanje termokromnih karakteristika s organskim materijalima [3].



Slika 1: Shematski prikaz termokromizma

Dakle, termokromni efekt koji se obično postiže je reverzibilna promjena iz obojenog stanja u bezbojno zagrijavanjem, iako se miješanjem s bojilima koja nisu termokromna može dobiti prijelaz iz jednog tona boje u drugi [3]. Na taj način termokromizam ujedinjuje znanost i dizajn i dobivamo proizvode sa estetskom i funkcionalnom vrijednošću, kao što je recimo termoregulacija [2]. Drugu skupinu termokromnih sustava čini sustav na bazi tekućih kristala. Tekući kristali, poznati i kao četvrti stanje materije, ponašaju se poput tekućine. Međutim, molekule tekućih kristala imaju tendenciju ka pravilnoj geometriji, za razliku od normalnih, izotropnih tekućina u kojima postoji slučajna orientacija molekula. Za razliku od leuko bojila, tekući kristali omogućuju kontinuirano mijenjanje spektra boja u određenom rasponu temperature. Tonovi boja proizlaze iz fizičkih promjena u orientacijskoj strukturi tekućih kristala. Zagrijavanjem započinje narušavanje geometrije molekula, javljaju se promjene u valnim dužinama reflektiranog svjetla i kristali mijenjaju boju. Skladištenje i zaštita tekućih kristala u početku su predstavljeni problem, sve do pojave zaštite bojila u vidu mikrokapsula [3].

Značajka oba sustava je potreba za mikrokapsulacijom. Mikroinkapsulacija je tehnika kojom se izoliraju čestice u (tekućem, krutom ili plinovitom stanju) unutar ovojnica te se dobivaju proizvodi sfernog oblika, mikro ili nanometarske veličine. Ovojnica, najčešće polimerna, štiti aktivnu tvar, tj. jezgru od vanjskog okruženja. Ova tehnologija se uglavnom koristi u zaštitne svrhe [3, 4].

Termokromni sustav ima memoriju te nije moguće predvidjeti učinak i konačno stanje bez poznavanja načina kojim se došlo do trenutnog stanja. Ovaj se fenomen naziva histereza, a ovisnost nastaje zbog utjecaja prethodnih efekata na trenutno promatrano stanje [5]. Termokromna bojila spadaju u skupinu kromogenih bojila koja mijenjaju obojenje prilikom izlaganja određenoj temperaturi. Po svojoj primjeni uglavnom pripadaju grupi disperznih i pigmentnih bojila. Termokromizam može biti reverzibilan, što znači da termokromna bojila mijenjaju obojenje samo za vrijeme trajanja podražaja, uzroka promjene, i ireverzibilan, što označava jednokratnu i konačnu promjenu obojenja, bez mogućnosti povratka u prvobitno stanje. Budući da se termokromna bojila mogu nalaziti u dva optička stanja, obojenom i neobojenom, neki ih često nazivaju i dinamičkim bojilima [6].

## 2. Eksperimentalni dio

Eksperimentalni dio rada proveden je u sljedećim fazama: 1. odabir tekstilnog materijala i priprema tiskarskih pasti; 2. izrada ravne šablone i tisak, 3. ispitivanje utjecaja koncentracije bojila te odabir materijala za konačnu primjenu.

### 2.1 Odabir tekstilnog materijala i priprema tiskarskih pasti

U radu su korištene dvije poliesterske tkanine različite površinske mase:

- tkanina 1 = 45,82 g/m<sup>2</sup> i
- tkanina 2 = 81,51 g/m<sup>2</sup>.

Tisak je proveden tehnikom sito tiska tiskarskim pastama proizvođača CHT Bezema, Švicarska. Za pripremu paste korišteno je 50 g tiskarske baze Printperfekt 226 EC i 0,3 g fiksatora Tubassist Fix 102 W. Za konture je primjenjeno pigmentno bojilo Colormatch 700 Schwartz, a za obojane efekte termokromna bojila Chromazone® red i magenta.

Termokromna bojila Chromazone® su mikrokapsulirani termokromni pigmenti kod kojih dolazi do gubitka tona boje pri zagrijavanju. Zbog svojih kemijskih i fizikalnih svojstava, vidljiva promjena boje ChromaZone® pigmenta javlja se u rasponu temperature od približno 5°C i dodatno pokazuje toplinsku histerezu. To znači da boja počinje nestajati prije nego što dostigne relevantnu temperaturu reakcije, a pri posljedičnom hlađenju zahtijeva znatno nižu temperaturu kako bi se vratio početni intenzitet boje [2]. S ciljem postizanja optimalnog, tj. vizualno uočljivog efekta promjene tona boje, pripremljene su tiskarske paste različite koncentracije bojila (tablica 1).

**Tablica 1:** Oznake i koncentracije termokromnih tiskarskih pasti (TP)

TP1 - red	TP2 - red	TP3 - magenta	TP4 - magenta
0,1g Chromazone® red / 50g TP 	1g Chromazone® red / 50g TP 	0,1g Chromazone® magenta / 50g TP 	1g Chromazone® magenta / 50g TP 

## 2.2 Izrada ravne šablone i tisak

Efekt, odnosno svaka boja zastupljena u računalno izrađenom uzorku iscrtana je kao zaseban crtež (layer) na prozirnoj foliji za InkJet pisače crnom pokrivenom bojom. Pri izradi šablone ravnomjerno je naneseno 200 g fotoemulzije FOTECOAT 1915 WR uz dodatak 0,4 g senzibilizatora za svjetlo (sol kroma). Dobro osušeno sito osvjetljavano je 2 min. Za svaki efekt (boju) izrađena je posebna šablonica. Tisak je proveden sa pripremljenim tiskarskim pastama (tablica 1) na poliesterske tkanine različite površinske mase. Nakon tiska provedeno je sušenje na 65 °C i fiksiranje na 150 °C u vremenu od 2 min.

## 2.3 Ispitivanje utjecaja koncentracije bojila te odabir materijala za konačnu primjenu

Izbor poliesterske tkanine proveden je subjektivnom vizualnom metodom pri čemu se vodilo računa o dovoljnoj uočljivosti efekta gubitka tona boje u željenom rasponu temperature. Otisnutim uzorcima na spektrofotometru DataColor SF600 Plus CT (slika 3) sa sustavom za zagrijavanje/hlađenje uzoraka izmjerene su remisijske vrijednosti pri zagrijavanju i hlađenju u temperturnom rasponu od 24 °C do 35 °C. U istim im je uvjetima određena i dubina obojenja (K/S). Korišteni spektrofotometar opremljen je integracijskom kuglom promjera 152 mm (mjerna glava instrumenta) koja osigurava geometriju osvjetljavanja mjerenoj uzorku d/8° (kut upadnog svjetla na mjereni uzorak) [4]. Sustav za zagrijavanje/hlađenje uzoraka na spektrofotometru (slika 3) je posebno dizajniran i izrađen u Zavodu za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju te mogućava zagrijavanje i hlađenje uzoraka u temperturnom rasponu od 15 °C do 100 °C.

Sustav se sastoji od [4]:

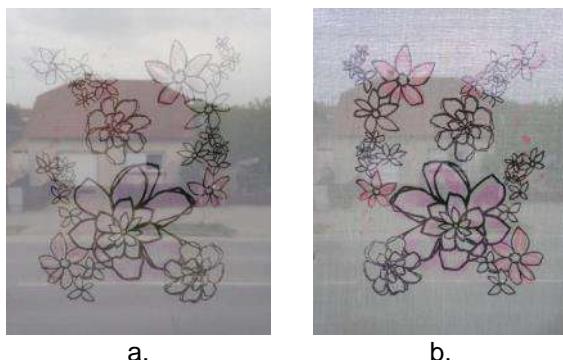
- kontrolne jedinice koja omogućuje podešavanje parametara prihvatljivosti razlike između ciljane i trenutačne temperature temeljen koje centralna jedinica automatski uključuje grijач, odnosno ventilator "glave" s aluminijskom pločicom za prijenos topline
- termo-uloška u centru "glave" za prijenos topline koji uz točnost od 0,1 °C koji daje povratnu informaciju o trenutačnoj temperaturi na površini "glave"
- sustava prisilnog hlađenja zrakom pomoću ventilatora u "glavi".



**Slika 3:** Sustav za zagrijavanje/hlađenje uzoraka na spektrofotometru

### 3. Rezultati i rasprava

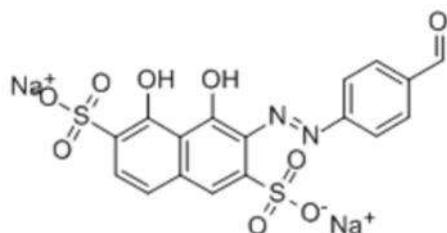
Na slici 4 prikazan je odabrani uzorak otisnut na poliesterskim tkaninama različitih površinskih masa te je provedena subjektivna vizualna ocjena efekta u realnim uvjetima.



a. b.

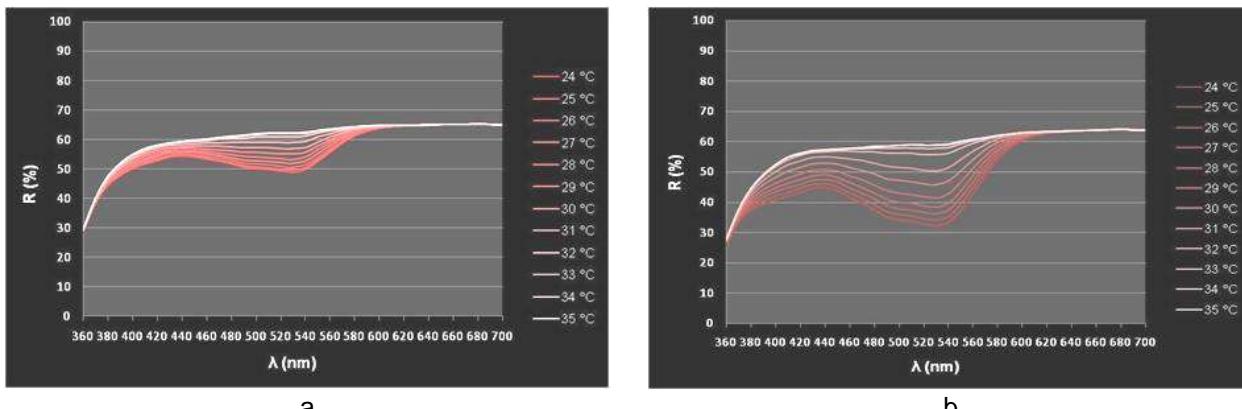
Slika 4: Izbor materijala za zavjese u uvjetima uporabe; a. tkanina 1 i b. tkanina 2

Kod tkanine 1 manje površinske mase 45,82 g/m<sup>2</sup> uočava se ne postizanje željenog estetskog efekta zbog velike transparentnosti materijala te je odabrana tkanina 2 površinske mase 81,51 g/m<sup>2</sup>. Obzirom da su spektrofotometrijskom analizom dobivene slične zakonitosti bojila, bez obzira na primjenjeno mikrokapsulirano termokromno bojilo, u ovom radu su izdvojeni rezultati paste s bojilom Chromazone® red sljedeće kemijske konstitucije:

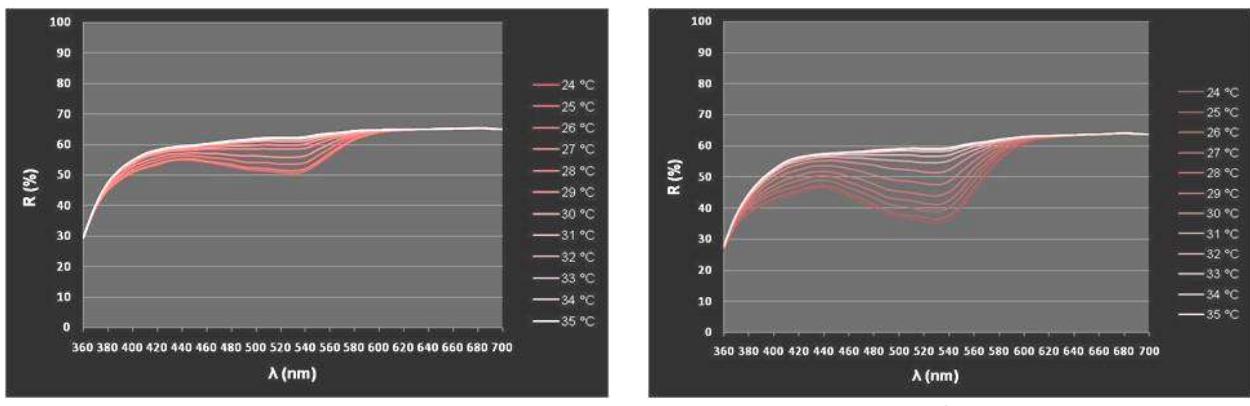


Slika 5: Kemijska konstitucija termokromnog bojila Chromazone® red [7]

Nadalje, ispitivani su utjecaji koncentracije termokromnog bojila i temperature na promjene obojenja. U grafičkim prikazima (slike 6 i 7) može se uočiti razlika u vrijednostima remisije ovisno o tome radi li se o ispitivanju postupkom zagrijavanja ili postupkom hlađenja. Remisijske krivulje pokazuju veći raspon vrijednosti pri zagrijavanju (slika 6 b.) i hlađenju (slika 7 b.) kod otiska termokromnom tiskarskom pastom crvenog tona veće koncentracije u odnosu na tiskarske paste manje koncentracije (slike 6 a. i 7 a.). Najveća promjena obojenja događa se u valnom području 500 - 540 nm.



Slika 6: Remisijski spektri uzoraka otisnutih crvenim termokromnim bojilom pri zagrijavanju: a. TP1; b. TP2

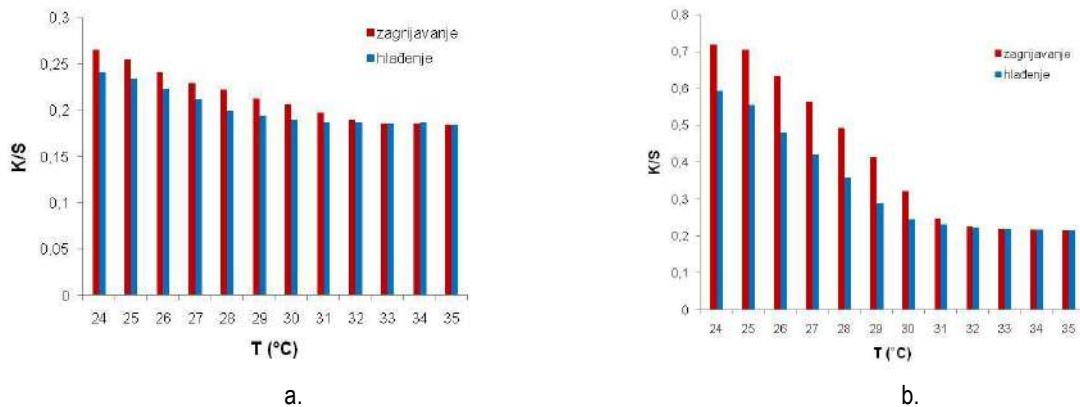


a.

b.

**Slika 7:** Remisijski spektri uzoraka otisnutih crvenim termokromnim bojilom pri hlađenju: a. TP1, b. TP2

Dobivene zakonitosti potvrđene su određivanjem dubine obojenja (slika 7). Uočava se vrlo mala razlika u promjeni K/S vrijednosti kod manje koncentracije bojila (slika 7 a.) što ukazuje da ovaj uzorak ne bi imao dovoljno uočljiv vizualni efekt u primjeni. Naprotiv, kod veće koncentracije (slika 7) vidljiva je signifikantna razlika u dubini obojenja u temperaturnom rasponu 29 - 31 °C pri zagrijavanju i pri hlađenju. Dodatno na slici 7 b. potvrđena je histereza karakteristična za termokromna bojila.



a.

b.

**Slika 7:** K/S vrijednosti uzorka otisnutih crvenim termokromnim bojilom: pri zagrijavanju i hlađenju a. TP1, b. TP2

Sinergijom znanosti i dizajna dobiven je proizvod s estetskom i funkcionalnom vrijednošću – zavjesa (slika 8) koja mijenja obojenje u određenom temperaturnom rasponu od 24 °C do 35 °C koji simulira uvjete upotrebe zavjese, tj. sobnu temperaturu.



**Slika 8:** Zavjesa na danjem svjetlu

## 4. Zaključak

S obzirom na sve veće potrebe i želje korisnika za novim idejnim rješenjima, u ovom je radu predstavljena realizacija u obliku zavjese kao produkt sinergije tehnologije i dizajna. Cilj je bio unaprijeđenje proizvoda s kojim se susrećemo svakodnevno na način da su mu dodijeljeni dinamički estetski efekti. Odabirjem poliesterske tkanine veće gustoće efekti su uočljiviji pri uvjetima uporabe. Za postizanje željenih efekata, osim odabira tkanine, potrebno je pažljivo optimizirati koncentraciju termokromnih bojila u tiskarskoj pasti kako bi promjene obojenja u temperaturnom rasponu od 24 °C do 35 °C bile zadovoljavajuće. Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da odabrano mikrokapsulirano termokromno bojilo veće koncentracije daje bolje estetske efekte pri uvjetima uporabe od onog manje koncentracije.

## 5. Literatura

- [1] Miodownik, M.: The Time For Thermochromics, *Materials Today*, **11** (2008) 11, 6, ISSN: 13697021
- [2] Bamfield, P.; Hutchings M.G.: *Chromic phenomena, Technological application of colour chemistry*, The Royal Society of Chemistry, ISBN: 978-1-84755-868-8, Cambridge, (2010)
- [3] Christie, R. M., Robertson, S., Taylor, S.: Design Concepts for a Temperature-sensitive Environment Using Thermochromic Colour Change, *Design & Creativity*, **1** (2007), str. 1–11 ISSN: 1753-7223
- [4] Đurašević, V.: *Istraživanje i primjena višenamjenskih bojila*, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Doktorska disertacija, Zagreb (2011)
- [5] Matijević, I.; Bischof, S.; Pušić, T.: Kozmetička sredstva na tekstilu: kozmeto-tekstilije (Cosmetic preparations on textiles: Cosmetotextiles), *Tekstil*, **65** (2016) 1-2, str. 1-24, ISSN: 0492 – 5882
- [6] Šprem, L.: *Otpornost termokromnih otisaka prema abraziji*, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Završni rad, Zagreb, (2014), [Dostupan na http://eprints.grf.unizg.hr/2115/1/Z539\\_Sprem\\_Lana.pdf](http://eprints.grf.unizg.hr/2115/1/Z539_Sprem_Lana.pdf) Pristupljeno: 2016-12-20
- [7] ChromaZone red Basic information, *Dostupan na* [http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB6345536\\_EN.htm](http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB6345536_EN.htm) Pristupljeno: 2017-01-10

## Zahvala

Rad doktorandice Ive Matijević financirala je Hrvatska zaklada za znanost. Mišljenja, nalazi i zaključci ili preporuke navedene u ovom materijalu odnose se na autora i ne odražavaju nužno stajališta Hrvatske zaklade za znanost.

## Autor(i):

Iva MATIJEVIĆ, mag. ing. techn. text., Antonela FULIR, mag. ing. techn. text., Izv. prof. dr. sc. Ana SUTLOVIĆ

Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet

Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb

Tel: +385 1 48 77 365

Fax: +385 1 48 77 354

E-mail: [iva.matijevic@ttf.hr](mailto:iva.matijevic@ttf.hr)  
[nela.kc@hotmail.com](mailto:nela.kc@hotmail.com)  
[ana.sutlovic@ttf.hr](mailto:ana.sutlovic@ttf.hr)

## MJERENJE DINAMIČKE PROMJENE DEBLJINE TKANINE KOD DJEOVANJA AKSIJALNOG OPTEREĆENJA

### MEASURING THE CHANGE OF FABRIC DYNAMIC THICKNESS UNDER AXIAL LOAD

Željko PENAVA; Diana ŠIMIĆ PENAVA & Željko KNEZIĆ

**Sažetak:** Debljina tkanine se mijenja u ovisnosti o veličini aksijalne vlačne sile tijekom istezanja. Da bi se što točnije izmjerila dinamička promjena debljine tkanine i prikupile sve vrijednosti o promjeni produljenja i vlačne sile, osmišljena je i konstruirana mjerna aparatura. Pomoću nje se istovremeno mjeri promjena debljine tkanine i pripadne vrijednosti vlačne sile i produljenja. U ovom radu prikazani uzorci su izloženi djelovanju aksijalne vlačne sile u smjeru osnove i u smjeru potke. Mjerenja promjene debljine, provedena su na pet uzoraka pamučnih tkanina u platnenom vezu. Na temelju dobivenih rezultata mjerenja, u radu su prikazani dijagrami odnosa dinamičke promjene debljine tkanine u odnosu na vlačnu silu i produljenje. Također je nacrtan konvencionalni radni dijagram naprezanja za tkaninu.

**Abstract:** During stretching, fabric thickness changes depending on the value of tensile force. In an effort to be as precise as possible in measuring fabric dynamic thickness changes and the area on which tensile force acts, a new measuring apparatus was designed and constructed. This measuring apparatus allows the simultaneous measurement of fabric dynamic thickness, related tensile axial forces and elongation. In this paper samples were subjected to unaxial tensile force in the warp and the weft direction. Measurements of fabric dynamic thickness were carried out on five samples of a cotton woven fabric in plain weave. Based on the experimentally obtained values, the paper presents diagrams of the relationship between dynamic changes in fabric thickness in relation to tensile force and elongation. Also, conventional working stress diagram for the woven fabric is made.

**Ključne riječi:** tkanina, dinamička debljina, aksijalna sila, produljenje, računsko naprezanje

**Keywords:** woven fabrics, dynamic thickness, axial load, elongation, calculated stress

#### 1. Uvod

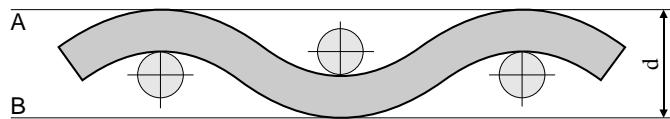
U ručnoj obradi, toplinskoj izolaciji, udobnosti, izvedbi i krajnjem korištenju tekstila, debljina tkanine ima važnu ulogu. Promjena debljine tkanine ovisi o različitim faktorima koji utječu na formiranje tkanine u samom procesu tkanja. Debljina tkanine, ovisi i o pojedinim pripremnim fazama tkalačkog procesa. U procesu tkanja kao i u tkalačkoj pripremi promjene mnogih faktora, utječu na promjenu debljine tkanine [1]. Problematika koja je vrlo važna za teorijska i praktična rješenja kod konstrukcija tkanina projektiranih svojstava je promjena debljine tkanine koja ovisi o utjecaju različitih parametara. Na promjenu debljine tkanine utječe promjena gustoće osnove i potke, promjena finoće pređe, promjena napetosti osnovnih i potkinih niti tijekom tkanja. Tijekom ispitivanja na debljinu tkanine utječe način ispitivanja, površina potiskivača i sila potiska. Zbog toga se provode eksperimentalna ispitivanja promjene debljine tkanine. Za mjerenje statičke debljine tkanina dostupne su mnoge različite metode. Razvijeni su razni uređaji za mjerenje statičke debljine tkanina. Prvi istraživači koji su se bavili statičkim određivanjem debljine bili su G. B. Haven, H. F. Schiefer, F. T. Peirce i J. R. Womersley [2-4]. Tkanine su često podvrgnute djelovanju aksijalnog vlačnog opterećenja u procesu proizvodnje i korištenju. U smjeru djelovanja aksijalne sile pojavljuje se vlačno naprezanje u tkanini koje uzrokuje promjenu debljine tkanine i produljenje. Za što bolju analizu promjene debljine tkanine razvijeni su razni modeli tkanina [5, 6]. U ovom radu, dinamička promjena debljine tkanine i odnosi između promjene debljine tkanine, produljenja i vlačne sile ispitani su pomoću posebno konstruiranog i izrađenog uređaja za mjerenje promjene debljine tkanine.

#### 2. Debljina tkanine

U tekstilu nije lako točno izmjeriti njegove dimenzije. Tkanina ima složenu strukturu i često je potrebno idealizirati karakteristike promatranog materijala. Debljina tkanine (d) je njezina treća dimenzija koja je znatno manja od širine i dužine tkanine, ali je istodobno jako važna jer utječe na primjenu i svojstva tkanine. Debljina

gotove tkanine ovisi o gustoći osnovnih i potkinih niti, promjeru osnovine i potkine pređe, vrsti veza, napetosti niti tijekom tkanja, sirovinskom sastavu i vrsti oplemenjivanja [7, 8].

Pod debljinom tkanine podrazumijeva se najveća udaljenost između površine lica (A) i međusobno paralelne površine naličja (B) tkanine, (sl. 1). Debljina tkanine mjeri se u mm.



**Slika 1:** Poprečni presjek tkanine u platno vezu

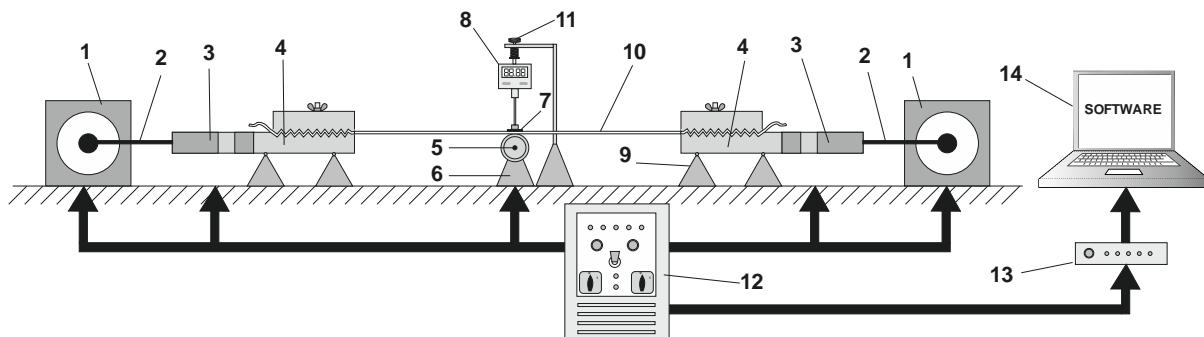
Ako se mijenja debljina pređe, a ostali parametri se ne mijenjaju, tada je debljina tkanine u izravnoj ovisnosti o debljini osnovnih i potkinih niti. Međutim, s promjenom vrste veza tkanine, može se jako utjecati na njezinu debljinu. Najmanja debljina je kod tkanina koje su tkane u platnenom vezu, dok je debljina veća kada se primjeni keperni, atlasni i ostali vezovi s manjim raportima. Najveća debljina se postiže kod primjene složenih vezova.

### 3. Eksperimentalni dio

U eksperimentalnom dijelu rada osmišljen je i konstruiran novi mjerni sustav za dinamičko mjerjenje promjene debljine tkanine kada na uzorak djeluje vlačna sila do prekida. Uzorci su izrezani u smjeru potke i osnove. Za svaki navedeni smjer djelovanja vlačne sile na uzorce, provedeno je pet ispitivanja. Pri tom ispitivanju određene su veličine vlačnih sila, pripadna produljenja, pripadne debljine tkanine. Pomoću dobivenih rezultata ispitivanja dobiveni su dijagrami promjene debljine uzorka tkanine u odnosu na produljenje i vlačnu силу. Na raspolaganju je bila pamučna tkanina u platnenom vezu iz pamučne pređe za osnovu i potku iste finoće ( $T_t = 30$  tex). Gustoća osnove i potke tkanine je 23 niti/cm. Plošna masa tkanine je  $155 \text{ g/cm}^2$ . Finoća pređe određena je gravimetrijskom metodom prema normi ISO 2060:1994. Gustoća tkanine ispitivana je prema normi ISO 7211-2:1984. Određivanje debljine pređe i početne debljine tkanine definirano je normom ISO 5084:1996. Početna debljina tkanine izmjerena po normi i na mjernom uređaju je ista i iznosi 0,366 mm. Na osnovu mjerjenja dobivena je srednja vrijednost debljine pređe koja iznosi 0,182 mm. Prije samog ispitivanja svi uzorci su kondicionirani u uvjetima standardne atmosfere (relativna vlažnost zraka  $65 \pm 4\%$ , na temperaturi  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Za ovo ispitivanje izrezani su standardni uzorci dimenzija 300 x 50 mm, učvršćeni u stezaljke uređaja na razmaku od 200 mm, te izloženi jednoosnom vlačnom opterećenju pri brzini istezanja 100 mm/min do postizanja prekida. Vlačna svojstva svih uzorka ispitivana su prema standardu ISO 13934-1:2008 metodom ispitne trake na dinamometru za tkanine.

#### 3.1. Mjerni uređaj za mjerjenje promjene debljine tkanine

Izrađen je mjerni uređaj za praćenje i mjerjenje dinamičkih promjena debljine uzorka tkanine kada na uzorak djeluje aksijalna vlačna sila. Pomoću ovog mjernog sustava uzorak tkanine se isteže i opterećuje konstantnom brzinom povlačenja sve do trenutka prekida uzorka. Shematski prikaz mjernog sustava prikazan je na sl. 2.



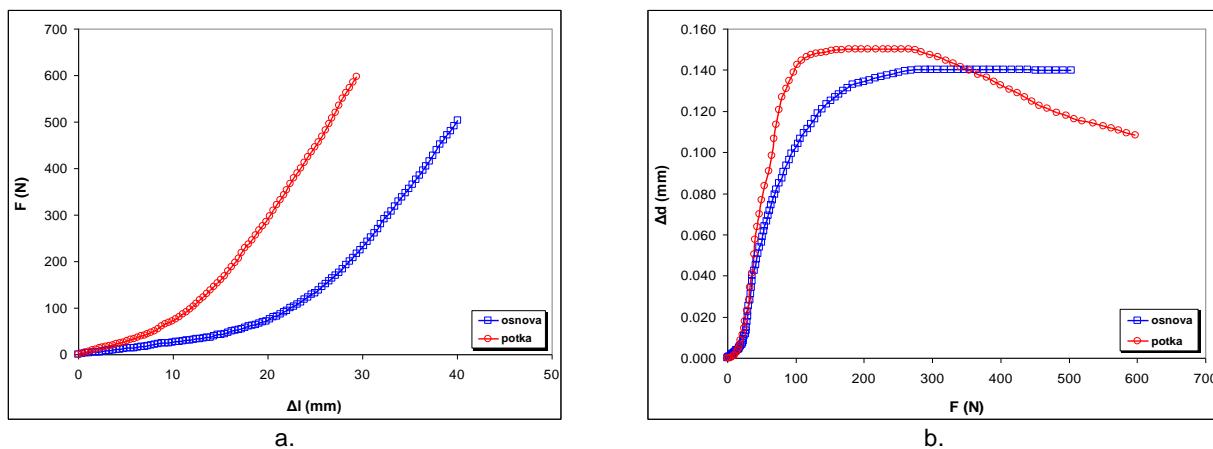
**Slika 2:** Shematski prikaz mjernog sustava za mjerjenje debljine tkanine pri istezanju

Između pokretnih stezaljki za tkaninu (4) učvršćen je ispitni uzorak tkanine (10). Obje stezaljke su pokretne da bi se tijekom ispitivanja uvijek mjerila debljina tkanine na istoj poziciji. Preko prijenosnog sustava (2), stezaljke se konstantnom brzinom 100 mm/min povlače elektromotornim pogonom (1). Stezaljke se kreću se na kugličnim vodilicama stezaljki (9). Mjerni pretvornik sile (3) spojen je na stezaljku s jedne strane, a s druge

preko prijenosno pogonskog sustava (2) stezaljku pokreće motor (1). Koristi se mjerni pretvornik sile za područje do 200 N. Preko jedinice za kontrolu i napajanje (12) s kojim je moguće i ručno upravljanje kontrolira se rad motora (1). Digitalni debljinomjer (8) s potiskivačem (7) koji naliježe na uzorak tkanine nalazi se na sredini mjernog uzorka. Promjer potiskivača iznosi 2,54 cm, a površina potiskivača je 5,07 cm<sup>2</sup>. Tijekom ispitivanja tlak na površinu potiskivača je 5 Pa. Točnost mjerjenja debljine je 0,001 mm. Puno mjerno područje debljinomjera je od 0-25,4 mm. Potiskivač naliježe na tkaninu ispod koje se na tom mjestu nalazi referentna osovina debljinomjera (5) učvršćena na nosač sustava za mjerjenje debljine (6). Digitalni debljinomjer sadrži i sklop za podešavanje sile potiska (11). Cijeli sustav je preko računalnog sučelja s A/D pretvornikom (13) spojen na PC računalo (14) i upravljan preko serijske veze.

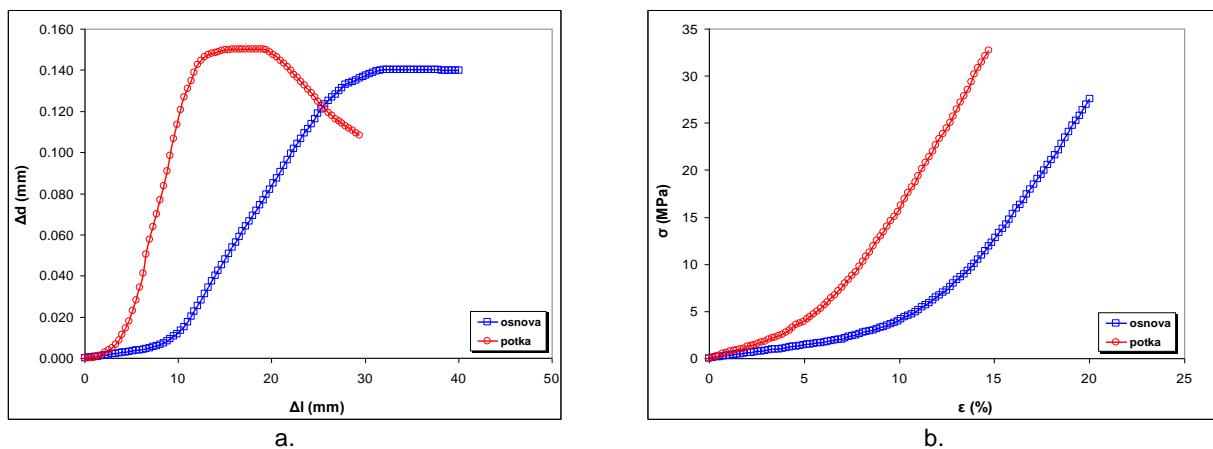
#### 4. Prikaz rezultata

Tijekom ispitivanja uzorka, snimaju se vrijednosti vlačne sile, produljenja i promjene dinamičke debljine. Dijagrami ( $F - \Delta l$ ) srednjih vrijednosti rezultata ispitivanja djelovanja vlačne sile  $F$  i pripadnog produljenja  $\Delta l$  na 5 epruveta ispitivane tkanine kada sila djeluje u smjeru potke odnosno osnove prikazani su na sl. 3a. Kada sila djeluje u smjeru potke odnosno osnove, odnos između vlačne sile  $F$  i pripadne promjene debljine  $\Delta d$  uzorka tkanine prikazan je na sl. 3b.



**Slika 3:** Tipične krivulje srednjih vrijednosti: a) ovisnosti vlačna sila – produljenje ( $F - \Delta l$ ), b) ovisnosti promjena debljine-vlačna sila ( $\Delta d - F$ )

Prije početka djelovanja vlačne sile, izmjerene su početne debljine uzorka tkanina  $d_0$ . Debljina tkanine jako ovisi o veličini istezanja, tj. o vlačnoj sili. Usljed djelovanja vlačne sile u smjeru osnove ili potke na uzorke tkanina, tkanina se produljuje i zbog unutarnje interakcije potkinih i osnovnih niti dolazi do promjene dinamičke debljine tkanine. Debljina tkanine se mijenja uslijed djelovanja vlačne sile koja isteže uzorke tkanina. Krivulja ( $\Delta d - \Delta l$ ) prikazuje tipičan nelinearni odnos između promjene debljine i pripadnog produljenja kada sila djeluje u smjeru potke odnosno osnove, (sl. 4a). Na sl. 4b prikazan je konvencionalni radni dijagram naprezanja i deformacija.



**Slika 4:** Tipične krivulje srednjih vrijednosti: a) ovisnost promjena deblijine – produljenje ( $\Delta d - \Delta l$ ), b) konvencionalni radni dijagram naprezanja i deformacijske

Krивulja promjene debljine tkanine u ovisnosti o vlačnoj sili i istezanju može se podijeliti u četiri zone, (sl. 3b i 4a). U prvoj zoni promjena debljine tkanine se blago povećava. U drugoj zoni je nagli porast promjene debljine tkanine i ona gotovo linearno raste s vlačnom silom i produljenjem. U toj zoni izravnava se utkanje niti i počinje istezanje tkanine. U trećoj zoni postiže se maksimalna promjena debljine tkanine koja je gotovo konstantna s prirastom sile i prirastom istezanja. U četvrtoj zoni uz daljnji porast sile i istezanja dolazi do blagog smanjenja promjene debljine tkanine. Kod konvencionalnog dijagrama normalna naprezanja se računaju ne uzimajući u obzir kontinuiranu promjenu površine poprečnog presjeka na koju djeluje vlačna aksijalna sila. Inicijalna površina presjeka  $A_0$  je konstantna i jednaka umnošku početne debljine i početne širine uzorka. Konvencionalni radni dijagram naprezanja i deformacije prikazan je na sl. 4b. Tijekom istezanja uzorak se sužava, a debljina raste, dakle mijenja se površina presjeka.

## 5. Zaključak

Mjerenja dinamičke promjene debljine tkanine provedena su na novo konstruiranom mjernom uređaju koji istodobno bilježi sve potrebne vrijednosti o promjeni vlačne sile i produljenja.

Međusobno ispreplitanje dva sustava niti, osnove i potke, uvjetuje da zbog ostvarivanja određene gustoće tkanine, a pod utjecajem sila u osnovi i potki, nastaje određena deformacija oblika presjeka pređe. Ta deformacija može se najlakše uočiti i mjeriti kroz parametar debljine tkanine. Intenzivnost promjene debljine ovisi o mnogobrojnim konstrukcijskim elementima pređe i tkanine kao i o tehnološkim uvjetima stvaranja tkanine. Pri tome se tkanina svojom unutarnjom građom suprotstavlja utjecaju vanjskih sila i to traje sve do odležavanja tkanine, kada dolazi do uravnoteženja sile te tkanina poprima svoje konačne parametre. Rezultati ispitivanja pokazali su da se s porastom aksijalnih vlačnih sila na tkaninu njezina debljina povećava. U području u kojemu se primjenjuje Hooke-ov zakon možemo s dovoljnom točnosti računati samo računska naprezanja σ iz konvencionalnog (radnog) dijagrama.

## Literatura

- [1] Olofsson, B.: A general model of a fabric as a geometric-mechanical structure, *Journal of the Textile Institute Transactions*, Vol. 55 (1964) 11, str. 541-557, ISSN 0040-5000
- [2] Haven, G. B.: New Fabric Thickness-Measurer, *Textile Research Journal*, Vol. 3 (1933) 5, str. 229-237, ISSN 0040-5175
- [3] Schiefer, H. F.: The compressometer: An instrument for evaluating the thickness, compressibility and compressional resilience of textiles and similar materials, *Textile Research Journal*, Vol. 10 (1933) 1, str. 505-513, ISSN 0040-5175
- [4] Peirce, F. T.: Geometry of Cloth structure, *The Journal of the Textile Institute*, Vol. 28 (1937) 1, T45-T96, ISSN 0040-5000
- [5] Stuart, I. M.: Variation of woven fabric length and thickness with regain, *Textile Research Journal*, Vol. 41 (1971) 1, 5-10, ISSN 0040-5175
- [6] Xiao, X. et al.: Through-thickness permeability modelling of woven fabric under out-of-plane deformation, *Journal of Materials Science*, Vol. 49 (2014) 21, 7563-7574, ISSN 0022-2461
- [7] Fontaine, S. et al.: Fabric Thickness Dynamic Measurement during a Classic Uniaxial Tensile Test, *Experimental Mechanics*, Vol. 42 (2002) 1, str. 84-92, ISSN
- [8] Hamilton, I. B.: General system of woven-fabric geometry, *The Journal of the Textile Institute*, Vol. 55 (1964) 1, str. 66-82, ISSN 0040-5000

Autor(i):

Prof. dr. sc. Željko PENAVA  
Tekstilno-tehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb, Hrvatska  
Tel.: +(385) (1) 3712 576                                  Fax: +(385) (1) 3712533

E-mail: zeljko.penava@ttf.hr

Prof. dr. sc. Diana ŠIMIĆ PENAVA  
Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet  
Fra Andrije Kačića-Miošića 26, 10000 Zagreb, Hrvatska  
Tel: +(385) (1) 4639 426                                  Fax: +(385) (1) 4828049

E-mail: dianas@grad.hr

Dr. sc. Željko KNEZIĆ  
Tekstilno-tehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu  
Hallerova aleja 6, 42000 Varaždin, Hrvatska  
Tel.: +(385) (42) 330 676                                  Fax: +(385) (1) 3712533

E-mail: zeljko.knezic@ttf.hr

## KOMPARATIVNA ANALIZA PROMOCIJE PREĐA NA SAJMOVIMA I IZLOŽBAMA

## COMPARATIVE ANALYSIS OF YARN PROMOTION AT FAIRS AND EXHIBITIONS

Paula IVŠAC & Ivana SALOPEK ČUBRIĆ

**Sažetak:** Širom svijeta redovito se održavaju sajmovi i izložbe, kojima je svrha promocija određenog proizvoda ili usluge. Cilj ovog rada je primjeniti istraživačku metodu pretraživanja podataka o postojećim sajmovima i izložbama pređa kako bi se mogla napraviti komparativna analiza. Od velikog broja sajmova i izložba koji se održavaju širom svijeta, izdvojeno je jedanaest koji su prema dostupnim informacijama posjećeniji i imaju veći broj izlagača na godišnjoj razini. Svaki sajam ili izložba zasebno je analiziran i doveden u kontekst ostalih odabranih sajmova. U samoj analizi svakog od izdvojenih sajmova, u obzir je uzet niz parametara poput opsega sajma, osobitosti sajma, broja posjetitelja i izlagača, korištenih metoda promocije i prijenosa informacija i dr.

**Abstract:** All over the world there are frequent fairs and exhibitions, aimed at promoting a specific product or service. The aim of this paper is to apply the research method of searching through information on existing trade fairs and exhibitions yarn in order to make a comparative analysis. Since a large number of trade fairs and exhibition is held around the world, the focus is placed at eleven fairs that, according to available information, have a greater number of exhibitors at the annual level. Each fair or exhibition is separately analyzed and brought into the context of other selected fairs. In the analysis of each of chosen fairs, a range of parameters, such as the scope of the fair, the peculiarities of the fair, the number of visitors and exhibitors, used methods of promotion and transfer of information, has been taken into account.

**Ključne riječi:** pređa, promocija, sajmovi, izložbe, tekstilna industrija

**Keywords:** yarn, promotion, fairs, exhibitions, textile industry

### 1. Uvod

Riječ promocija dolazi od latinske riječi promotio, a označava promaknuće, unaprijeđenije, pomicanje naprijed tj. prijelaz iz nižeg u više. Promocija kao element marketinškog miksa predstavlja zbroj različitih aktivnosti kojima tvrtke ili kompanije potencijalne i stvarne potrošače upoznaju sa svojim proizvodima ili uslugama koji bi trebali postati i ostati poznati, a koji putem različitih medija unaprjeđuju prodaju i osiguravaju konstantnu potražnju za istim. Promocijsko oglašavanje kroz povijest pojavljivalo se u raznim oblicima, a to su: prareklame (prenošenje od usta do usta), pisane poruke (prvi put su se pojavile na egipatskom papirusu), izvikači (predstavljaju akustično širenje vijesti i poruka), „živi plakati“ (prvi put pojavili su se u Kartagi), pisana priopćenja (natpisi s porukom koji su se pisali po zidovima), albumi (kamene ploče presvučene gipsom za ispisivanje vijesti), cimeri (izvještene poruke iznad vratiju prodavaonica), tiskani oglasi, prospekti i letci (pojavili su se 1477., knjige 1490., plakati 1501., novine 1600., a propagandne agencije 1840. godine), te mali oglasi i prodaja putem kataloga [1]. U današnje vrijeme, sajmovi i izložbe su iznimno bitne za promociju tekstilnih proizvoda i prateće opreme, te okupljaju relativno velik broj izlagača i posjetitelja. Cilj ovog rada je primjeniti istraživačku metodu pretraživanja mrežnih sjedišta kako bi se dobio uvod u postojeće svjetske sajmove i izložbe pređe.

### 2. Analiza sajmova

Od velikog broja sajmova i izložba koji se održavaju diljem svijeta, za analizu je izdvojeno jedanaest događanja koja su prema dostupnim informacijama posjećeniji i imaju veći broj izlagača na godišnjoj razini i to: Expofil, Pitti filati, Spinexpo, sajam pređe u Istanbulu, ITMA, Yarn Expo, Yarn & fabric sourcing show, Yarn fest, Pour l'amour du fil i Međunarodni sajam pređa i plošnih proizvoda u Dhaki.

Svaki sajam ili izložba zasebno je analiziran i pojedinačno su iznesene najbitnije stavke. U sljedećem je koraku, na temelju pretraženih sadržaja napravljena analiza svakog od izdvojenih sajmova uzimajući u obzir niz

parametara poput opsega sajma, osobitosti sajma, posjetitelje i izlagače, korištene metode promocije i prijenosa informacija i dr. U nastavku je dan skraćen pregled provedene analize.

**Tablica 1:** Pregled pokazatelja dijela odabralih sajmova i izložba pređa

Naziv sajma	Mjesto održavanja	Vrijeme održavanja	Broj izlagača	Broj posjetitelja
Expofil	Pariz, Francuska	Dva puta godišnje (veljača i rujan)	1 898	56 475
Pitti filati	Firenca, Italija	Jednom godišnje (siječanj)	128	4 000
Spinexpo	New York	Jednom godišnje (srpanj)	98	1 422
Međunarodni sajam pređe u Istanbulu	Istanbul, Turska	Jednom godišnje (veljača)	233	7 954
Yarn Expo	Šangaj, Kina	Jednom godišnje (listopad)	258	7 375
Pour l'amour du fil	Nantes, Francuska	Jednom godišnje (travanj)	120	12 000

**Expofil** je specijalizirana izložba tj. globalni događaj za sve modne stručnjake. Održava se dva puta godišnje u trajanju od tri dana. Mjesto održavanja izložbe je Pariz, Francuska. U sklopu ovog sajma najvažnije je događanje Premiere Vision. Izložba je otvorena za javnost, te svim posjetiteljima pruža široku ponudu proizvoda. Izložba pruža izravan pristup modnoj industriji koja obuhvaća šest poslovnih aktivnosti i jedno događanje. Expofil odlikuje čitav niz posebnosti, a neke od njih su i tzv. „izvedeni kodovi“. Kodovi su kreirani da bi prikazali specifičnosti svojstava koji utječu na kvalitetu tekstilnih proizvoda. Kreirani su od strane izlagača i dostupni su samo u području dijela Premiere Vision. Premiere Vision kodovi registrirani su kao zaštitni znakovi. Svako njihovo korištenje izvan Premiere Visiona mora prethoditi potpuno detaljnom zahtjevu upućenom sjedištu Premiere Visiona u Lyonu. Ekskluzivni događaj koji je organiziran u sklopu izložbe je „Leather fashion breakfast“. Događanje povezuje sve sudionike sajma, te se posebno održava za vodeće modne kuće i dizajnere.

Sajam **Pitti filati** je isključivo sajam pređa, što govori i sam naziv – naime, talijanska riječ „filati“ znači pređa. Održava se bianualno, u Firenci, Italija, u prostorima Fortezze da Basso. Osobitost ovog sajma je podjela izlagača u dvije sekcije: „Pitti filati“ – proizvođači pređa i „Fashion at work“ – dizajneri, proizvođači pletiva i ostali. Sajam nije otvoren za javnost, već isključivo za posjetitelje koji se na određen način bave tekstilom, npr. proizvođače plošnih proizvoda i odjeće, dizajnere tekstila i odjeće, predstavnike robnih kuća i dobavljače tekstila i dr. Kao posjetitelji, sajmu ne mogu prisustovati proizvođači pređa, a u glavnom izložbenom dijelu zabranjeno je fotografiranje. U sklopu sajma organiziran je niz popratnih događanja, a neki od njih su Magliaitalia i Vintage. Magliaitalia je svojevrstan opservatorij u kojem dizajneri analiziraju i prikazuju aktualne trendove vezane za strukture i sirovinske sastave pređa talijanskih proizvođača. Vintage je izložba antiknih modnih dodataka i odjeće koja se održava u firentskoj Stazione Leopolda i predstavlja vintage kulturu koja nudi mnoga iznenađenja, a proizvodi se mogu i kupovati. Nadalje, organizatori sajma raspisali su natječaj pod nazivom „Feel the yarn“ („Osjeti pređu“). U sklopu natječaja, komisija sastavljena od 10 renomiranih nastavnika iz područja dizajna odabrala je 20 studenata koji su dobili priliku raditi s talijanskim proizvođačima pređa i pletiva, te kroz stručnu praksu realizirati svoje dizajnerske kreacije. Također, uz svako izdanje sajma definiraju se trendovi u području dizajna pređa. Navedeni se trendovi publiciraju nakon održanog sajma [3].

**Spinexpo** je sajam koji se održava u Šangaju, New Yorku i Parizu. Konkretno, Spinexpo u Šangaju (Kina), održava se dva puta godišnje u trajanju od 3 dana. Najveći broj izlagača je iz Kine, a zatim slijede izlagači iz Italije, Njemačke, Hong Konga i Japana [4] kao što je to slučaj sa sajmom Pitti filati, i uz svako izdanje sajma Spinexpo definiraju se trendovi u području dizajna pređa koji se publiciraju nakon održanog sajma.

**Međunarodni sajam pređe u Istanbulu** postao je jedan od uspješnijih i opsežnijih sajmova pređa koji okuplja sudionike i posjetitelje iz više od 70 zemalja svijeta. Sajam se održava u Turskoj i postao je prodavačka i marketinška platforma globalne trgovine pređa. Sajam se predstavlja kao jedan od najbitnijih okupljanja međunarodne industrije pređe u Turskoj, te je istovremeno prava prilika za tvrtke koje žele pristupiti novim tržištima. Održava se istovremeno sa sajmovima Texpo Euroazija i Hightex. Na sajmu se od posjetitelja pojavljuju proizvođači svih vrsta tkanina, pletiva i pređa, s ciljem pronaći novih modnih trendova. Za vrijeme

održavanja 13. međunarodnog sajma pređe u Istanbulu, istovremeno se održao i međunarodni sajam donjeg rublja i čarapa, također u Istanbulu [5].

**ITMA** je najveća svjetska međunarodna izložba tekstilnih strojeva. Održava se pod ingerencijom Cematexa (Comité Européen des Constructeurs de Machines Textiles), organizacije koja se sastoji od 9 nacionalnih europskih udruga proizvođača tekstilnih strojeva i opreme. ITMA je poznata kao „olimpijada“ tekstilnih industrijskih strojeva. Izložba se održava svake četiri godine u različitim državama, a posljedna je održana 2015. godine u Milatu, Italija. U sklopu izložbe, održavaju se razne konferencije i događanja, neke od njih su „World Textile Summit“, „Textile Colourant and Chemical Leaders Forum“, „Nonwovens Forum at ITMA“ i „Digital Textile Conference“. „World Textile Summit“ je jedinstveni jednodnevni događaj koji okuplja najutjecajnije svjetske tekstilne lidere koji raspravljaju o pitanjima strateške važnosti za globalnu industriju. ITMA je u suradnji sa Cemategom odlučila nagraditi i potaknuti izvrsne članove industrije i studente za njihov doprinos u održivom razvoju globalne tekstilne i odjevne industrije. Dodijeljene su dvije glavne nagrade u kategorijama industrije i istraživanja i inovacije [6].

Sajam **Yarn Expo** je međunarodni sajam koji se održava anualno u Šangaju. Sajam je otvoren samo za profesionalne kupce, ne i za širu javnost. Idealna je prilika za inozemne kupce kako bi se povezali sa vodećim, domaćim industrijskim dobavljačima. Jesensko izdanje sajma u Šangaju daje odličnu priliku inozemnim dobavljačima za izgradnju snažnijih veza diljem regije, te priliku za širenje na tržištu. U sklopu Yarn Expo sajma, održava se izložba koja obuhvaća prezentaciju odjeće i modnih dodataka. Prema navodima organizatora, Yarn Expo je trenutno jedna od najvećih i najopsežnijih izložbi [7].



**Slika 1:** Prezentacija pređa na sajmovima: a) Pitti filati [3], b) Međunarodni sajam pređe u Istanbulu [5]

**Yarn & fabric sourcing show** je četverodnevni sajam koji se održava jednom godišnje u Dhaki. Sajam se održava na izložbenom prostoru od 300 m<sup>2</sup>. Sajam se održava u isto vrijeme, na istom mjestu, kao i još dva sajma. To su Garmentech, najveći sajam odjevne tehnologije u ovom dijelu svijeta, te sajam GAP Expo koji je značajan po lokalnim međunarodnim dobavljačima pribora za izradu odjeće, a ove godine predstavljeno je 7. izdanje sajma [8].

**Yarn fest** je pravi raj za ljubitelje pređa i pletiva zahvaljujući svim sudionicima i prodavačima. Održava se u Lovelandu, Colorado u trajanju od 4 dana. Festival ljubiteljima pređa pruža mogućnost učenja nekih novih tehniki predenja i pletenja, upoznavanje s poznatim instruktorima, te kupovinu jedinstvenih proizvoda. U skopu festivala, za široke mase organizirane su radionice na kojima desetak studenata posjetitelje podučava pletenju, tkanju i predenju. Festival ima organizirana večernja događanja, a jedno od njih je i večer s Clarom Parkes - autoricom knjiga „Knitter's book of yarn“ i „The yarn whisperer“ [9].

**Pour l'amour du fil** je međunarodna izložba umjetnina izrađenih iz pređa. Izložba se održava jednom godišnje u Nantesu, Francuska. U travnju 2016. godine održano je 8. izdanje izložbe u čast Japanu. Održani su sastanci, prezentacije, radionice i demonstracije s umjetnicima i dizajnerima iz cijelog svijeta. U 2016. godini, održana su predavanja i radionice vezane za tkanje, šivanje, vezenje i kukičanje. Izložba je jedinstvena jer je ispunjena različitim kreacijama i mnoštvom animacija. Na posljednjem izdanju, svoje radove predstavljalo je 120 talentiranih izlagača, umjetnika i dizajnera. Svake godine provodi se natječaj pod nazivom „Leteći duh“, u sklopu kojeg je nagrađeno 7 projekata iz kategorije „šarenilo“ i 6 projekata iz kategorije „vez“. U sklopu izložbe, provodi se igra pod nazivom „škrinja s blagom“. Za svakih potrošenih 30 eura na nekom od stotine štandova dobiva se vaučer za sudjelovanje u tomboli [10].

**Međunarodni sajam pređa i plošnih proizvoda u Dhaki** održava jednom godišnje. Na sajmu sudjeluje više od 500 izlagača iz cijelog svijeta. Sajam nije otvoren za javnost, već isključivo za poslovne posjetitelje [11].

### 3. Zaključci analize

Na temelju prikazanog, može se ustvrditi da je organizacija sajmova i izložba vrlo korisno događanje kako za proizvođače tj. izlagače pređa i plošnih proizvoda, tako i za posjetitelje. Glavni zaključci provedene analize sajmova i izložaba pređe su:

- Sajmovi i izložbe pređa, često dodatno predstavljaju i različite vrste tekstilnih proizvoda kako bi se vidjeli efekti koje pređe tvore u plošnom proizvodu,
- Većina sajmova i izložbi koji su analizirani nisu otvoreni za javnost, što znači da pružaju mogućnost posjeta samo pojedincima ili tvrtkama koje se na određeni način bave tekstilnom industrijom. Zanimljivo je napomenuti da neki od sajmova, poput sajma Pitti Filati, ne dozvoljavaju ulaz proizvođačima pređa u statusu posjetitelja, nego isključivo u statusu izlagača. Nasuprot tome, sajam Pour l'amour du fil otvoren je za sve posjetitelje,
- Sajmovi i izložbe dobar su poticaj mladim studentima i poduzetnicima, koji na ovakvim događanjima osim učenja dobivaju mogućnost izlaganja i predstavljanja vlastitih ideja. Primjerice, sajam ITMA dodjeljuje studentima novčane nagrade za provedena istraživanja i inovacije,
- Radi dodatnog povezivanja izlagača i posjetitelja, organiziraju se i posebna događanja, poput "Leather fashion breakfast" (sajam Expofil) i Magliaitalia (Pitti Filati),
- Organizatori sajmova nastoje privući veći broj izlagača i posjetitelja uvođenjem određenih osobitosti (npr. uvođenje "izvedenih kodova" na sajmu Expofil) te organiziranjem nagradnih igara (igra "Škrinja s blagom" na izložbi Pour l amour du fil),
- Radi racionalizacije troškova, čest je slučaj da se dva ili više sajma održavaju istovremeno (npr. Istanbul yarn fair, Yarn & Fabric sourcing show),

Tijekom provođenja analize, zaključeno je da se na svim navedenim sajmovima za promociju intenzivno koriste društvene mreže, osobito Facebook, Twitter, Instagram, Pinterest i Youtube. Neki organizatori, poput organizatora Expofila, pripremili su i aplikacije za mobilne telefone sa svim informativnim sadržajima vezanim uz sajam.

#### Literatura:

- [1] Kotler, Philip: Upravljanje marketingom – Upravljanje, oglašavanjem, unapređenjem prodaje i odnosima s javnošću, Zagreb 2001.
- [2] PREMIERE VISION: Presentation, dostupno na <http://www.premierevision.com/>, pristupljeno 16.12.2016.
- [3] PITTI IMMAGINE FILATI: Info, dostupno na <http://www.pittimmagine.com/en/corporate/fairs/filati.html>, pristupljeno 16.12.2016
- [4] SPINEXPO: Acces, dostupno na <http://www.spinexpo.com/>, pristupljeno 16.12.2016.
- [5] TUYAP: Exhibitors, dostupno na <http://www.istanbulyarnfair.com/>, pristupljeno 16.12.2016.
- [6] ITMA: Event info, dostupno na <http://www.itma.com/home>, pristupljeno 17.12.2016.
- [7] YARN EXPO: For visitors, dostupno na <http://yarn-expo-autumn.hk.messefrankfurt.com/>, pristupljeno 17.12.2016.
- [8] YARN & FABRICS: Display profile, dostupno na <http://yandfdhaka.com/displayprofile.html>, pristupljeno 17.12.2016.
- [9] YARN FEST: Apply now, dostupno na <http://www.interweaveyarnfest.com/>, pristupljeno 17.12.2016.
- [10]Pour l amour du fil: Home, dostupno na <http://www.pourlamourdufil.com/>, pristupljeno 17.12.2016.
- [11]DIFS: Why DIFS, dostupno na <http://www.cems-yarnandfabric.com/difs/>, pristupljeno 17.12.2016.

#### Autor(i):

Paula IVŠAC  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb  
Tel: 00385 958487647

E-mail: paula.ivsac@hotmail.com

Doc. dr. sc. Ivana SALOPEK ČUBRIĆ, dipl. inž.  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10 000 Zagreb  
Tel: 00385 1 37 12 573

E-mail: ivana.salopek@ttf.hr

## ADITIVNA PROIZVODNJA I DIZAJN ADDITIVE MANUFACTURING AND DESIGN

Ana PILIPOVIĆ & Mladen ŠERCER

**Sažetak:** Aditivna proizvodnja se sve više primjenjuje u projektima razvoja od početne ideje do gotove funkcionalne tvorevine. Razlozi su višestruki, ali valja istaknuti mogućnost relativno brze proizvodnje tvorevina komplikirane geometrije na temelju računalnog 3D modela tvorevine. Danas je nezamislivo raditi razvoj nove tvorevine bez primjene aditivne proizvodnje bilo da je riječ o dizajnu tvorevina u tekstilnoj industriji ili arhitekturi. U radu je napravljen kratki pregled nekih primjera primjene aditivne proizvodnje u tekstilnoj industriji, te je opisan postupak ispisivanja mlazom fotopolimera (Polyjet). U drugom dijelu rada dane su prednosti primjene tog postupka na primjeru ženske torbice.

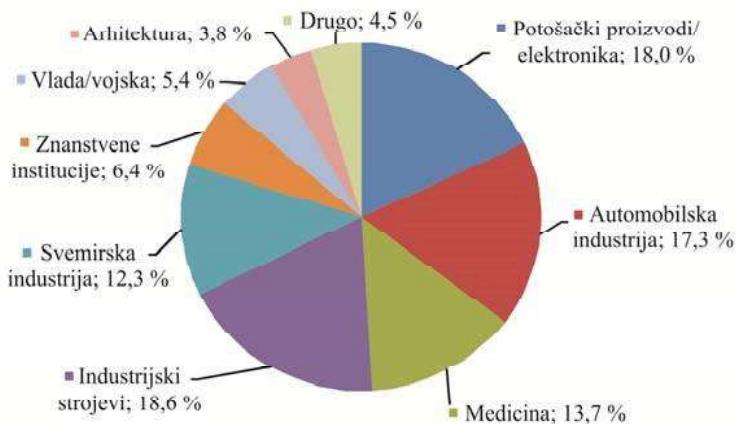
**Abstract:** Additive manufacturing is increasingly used in development projects from initial idea to finished functional products. The reasons are multiple, but it should be noted the possibility of a relatively rapid production of parts with complicated geometry based on computer 3D model. Today it is impossible to work in developing of new products without using additive manufacturing whether it is the design in the textile industry or architecture. The paper shows a brief overview of some examples of design in additive manufacturing in textile industry. Process of photopolymer jetting (PolyJet) is described. In the second part of this paper it is given the advantages of application of this technology in the case of lady's purse.

**Ključne riječi:** Aditivna proizvodnja, dizajn, ispisivanje mlazom fotopolimera, torbica

**Keywords:** Additive manufacturing, design, lady's purse, PolyJet

### 1. Uvod

Aditivni postupci (AM) mogu se općenito podijeliti na postupke koje primjenjuju materijal na bazi krutine (npr. žica, papir, folija, laminat), kapljevine i praha. Svaki od njih ima neke prednosti i nedostatke. Poznavanjem principa rada svakog postupka, te mogućnostima samih strojeva moguće je izrađivati komplikirane geometrije na temelju 3D računalnog programa [1]. Kako su se postupci razvijali, našli su sve veću primjenu za različita područja/industrije. Najviše se aditivna proizvodnja primjenjuje za proizvodnju potrošačkih proizvoda/elektronike, zatim u automobilskoj industriji i medicini što čini 49 % ukupne primjene (slika 1) [2]. U većini tih grana industrije na prvom mjestu je dizajn bez kojeg ne počinje niti jedna proizvodnja.



**Slika 1:** Područja primjene AM postupaka u 2014. godini [2]

Neki od značajnih postupaka koji primjenjuju čvrsti materijal su *taložno očvršćivanje* (e. *Fused Deposition Modeling - FDM*) i *proizvodnja laminiranih objekata* (e. *Laminated Object Manufacturing - LOM*), postupci koji primjenjuju kapljevite materijale su *stereolitografija* (e. *Stereolithography - SLA*), *očvršćivanje digitalno*

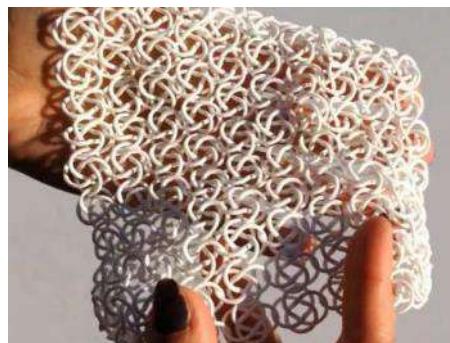
obrađenim svjetlosnim signalom (e. *Digital Light Processing*) i ispisivanje mlazom fotopolimera (e. *PolyJet*), dok u postupke koji primjenjuju prah su npr. Selektivno lasersko srašćivanje (e. *Selective Laser Sintering - SLS*) i 3D tiskanje (e. *3D Printing – 3DP*) [2]. Kada je riječ o primjeni aditivne proizvodnje u fokusu su primjene u industriji. Osim profesionalnog pristupa, postoje sve više i više korisnika koji biraju aditivnu proizvodnju da ojačaju poslovanje svojih tvrtki i realiziraju nove ideje.

Zbog načina cijelog koncepta aditivne proizvodnje moguća je [3]:

- izrada komplikirane geometrije, tj. dizajna (izravna izrada tvorevina). Aditivna proizvodnja primjenjuje se u slučaju kada je teško ili nemoguće načiniti tvorevinu konvencionalnom proizvodnjom, tj. kada konvencionalna proizvodnja uključuje višefaznu izradu, ili komplikirane alate/kalupe s klizačima i komplikiranim otvaranjem kalupa za lakše vađenje tvorevine, što poskupljuje ukupnu cijenu tvorevine),
- integrirana geometrija što uključuje izradu pokretnih dijelova u jednom komadu i ciklusu izrade,
- integrirana funkcionalnost tvorevina uključuje kinematske funkcije koje je moguće raditi u jednom ciklusu
- izrada velikog spektra različitih vrsta materijala (najviše se to odnosi na postupak ispisivanja mlazom fotopolimera), što čini neograničene mogućnosti u samom dizajnu.

## 2. Dizajn odjeće i obuće u aditivnoj proizvodnji

Na početku primjene aditivne proizvodnje u tekstilnoj industriji glavni problem bilo je dizajnirati tkaninu koja je i fleksibilna i kruta u isto vrijeme. Takav iskorak je načinjen primjenom postupka selektivnog laserskog srašćivanja (e. *selective laser sintering*) i mogućnostima izrade povezanih struktura, gdje najjednostavniji primjer su krugovi međusobno povezani i tvore otvore ispresijecanih i Mobius uzoraka (slika 2).



Slika 2: Uzorak tkanine s povezanim krugovima [4]

Na tržište je izašao i 3D tiskani bikini (slika 3). Bikini je načinjen postupkom selektivnog laserskog srašćivanja s materijalom PA12 (poliamid na osnovi dodekanske kiseline). Struktura bikinija je također načinjena od malih krugova spojenih sitnim vezicama koje djeluju kao fleksibilni konektori. Ali sami dizajn ima i funkcionalne zahtjeve kao izdržljivost i savitljivost. Minimalna debљina stjenke je 0,7 mm. Zbog grube površine (visoke hrapavosti) srašćenog poliamida bikini se može nositi samo privremeno. Hidrofilno ponašanje poliamida, tj. utjecaj vode ne utječe na sami dizajn bikinija (elastičnost i udobnost), jer postotak upijanja PA 12 je puno manji od PA6 [1, 3, 5].



Slika 3: Bikini načinjen selektivnim laserskim srašćivanjem [5]

Pojavom digitalnih materijala u postupku ispisivanja mlazom fotopolimera (e. *PolyJet*) tj. modifikacijom postupka pod nazivom *Polyjet Matrix* pojavile su se mnoge nove mogućnosti, jer taj postupak omogućuje u jednom ciklusu primjenu više različitih vrsta materijala kojim se postižu ciljana svojstva gotove tvorevine. U novije vrijeme se pojavila i izrada u bojama, što je tek otvorilo nove mogućnosti. Tako je izašla kolekcija *Garden of Eden* koja kombinira gumene i čvrste materijale i materijale u boji. Kolekcija se sastoji od korzeta, obuće, remena, narukvica, itd. Primjeri iz kolekcije prikazani su na slikama 4 i 5.



Slika 4: Korzet iz kolekcije *Garden of Eden* načinjena kombinacijom više različitih materijala [6]



Slika 5: Obuća načinjena postupkom PolyJet Matrix iz kolekcije *Garden of eden* [6]

Odjeća, obuća i dodaci iz kolekcije načinjeni su od osnovnog prozirnog materijala (VeroClear) u kombinaciji s gumenim (TangoBlack) i materijalima u boji VeroMagenta, VeroCyan, VeroYellow. Miješanjem ta tri materijala ostvarena je cijela paleta boja, od ružičaste i ljubičaste u korzetu, do zelene u obući. Ono što je specifično za cijelu kolekciju je mogućnost izrade jako komplikiranih struktura u više različitih materijala i boja u jednom ciklusu prerade čime je omogućena cijela paleta mehaničkih svojstava od visoke savojne čvrstoće i istezanja [7].

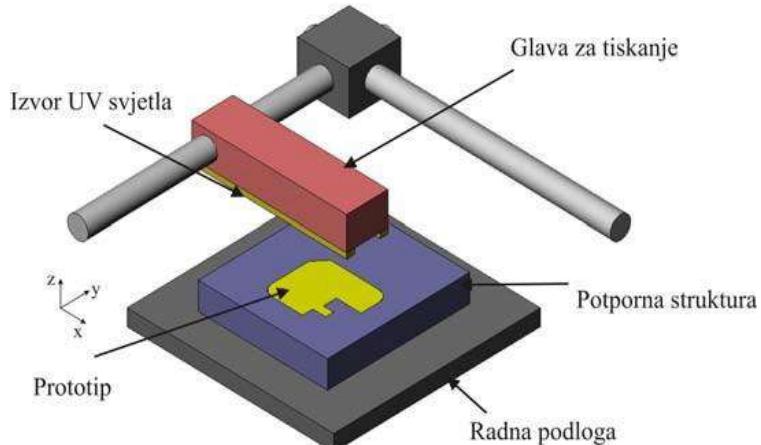
Još jedna naprednija primjena i proširenje 3D tiskanja je 4D tiskanje koje se odnosi na mogućnost da se s pomoću 3D pisača načine tvorevine koje će se moći transformirati tijekom vremena i, u nekim slučajevima, čak samostalno sastaviti. Na taj način takav sustav pruža mogućnost da se pomoću 3D tiskanja bilo koji trodimenzionalni oblik pretvori u fleksibilnu strukturu. Taj postupak omogućuje razvoj novih materijala (biomimetički kompoziti) koji će se prilagoditi različitim uvjetima i mijenjati svojstva i oblik više puta. Takav materijal ima dalekosežne prednosti: tiskana tkanina (npr. uniforme vojnika) koja se može prilagođavati vanjskim uvjetima okoline i time maskirati vojниke, itd. Na primjer tiskane tvorevine uronjene u vodu reagiraju i mijenjaju svoj oblik [8, 9].



Slika 6: Kinematička haljina načinjena 4D tiskanjem [10]

### 3. Postupak ispisivanja mlazom tinte

Tvrtka *Objet Geometries* razvila je PolyJet (mreža mlaznica) postupak 2000. godine, sjedinjujući dobre strane stereolitografije (SLA) i 3D tiskanja [11] (slika 7).



Slika 7: Postupak ispisivanja mlazom fotopolimera [12, 13]

Mreža mlaznica kliže naprijed – nazad u smjeru y – osi i nanosi/tiska sloj fotoosjetljivog polimernog materijala na radnu podlogu, debljine  $16 \mu\text{m}$ , što je otprilike  $1/5$  debljine stereolitografskog sloja. Svaki sloj fotoosjetljivog polimera očvršćuje pod djelovanjem UV svjetlosti, odmah nakon tiskanja, tvoreći potpuno umrežen prototip, bez naknadnog umreživanja. Primjenjuju se dva različita materijala: jedan za model, a drugi kao potporna struktura, tj. pola mreže mlaznica nanosi materijal za model, a druga polovica za potpornu strukturu. Nakon završenog prvog sloja, radna podloga spušta se za debljinu sljedećeg sloja i glava za tiskanje započinje izradu tog sljedećeg sloja. Nakon izrade prototipa potporna struktura (materijal u obliku gela) se lako uklanja sa vodom pri tlaku od 40 bara ili ručno, što zavisi od oblika prototipa. Tankostjene i male tvorevine čiste se s nižim tlakovima, dok robusne s visokim tlakovima čime je skraćeno vrijeme čišćenja [1, 11, 14, 15, 16].

Mala debljina sloja osigurava izradu prototipova s vrlo glatkom površinom zbog čega nije potrebna naknadna obrada. Gotove tvorevine mogu se obrađivati mlazom čestica, polirati, brusiti, bojati, itd. Prototipovi se mogu primijeniti kao modeli za proizvodnju silikonskih kalupa za podtlačno lijevanje upotrebom specijalne komore za izgaranje modela [16].

Prednosti postupka su: visoka kvaliteta (zbog vrlo tankog sloja prototipovi su vrlo precizni i imaju jako glatku završnu površinu), mogućnost izrade sitnih detalja i tankih stjenki, primjena u uredima (nema dodira sa smolom i potporna struktura se uklanja s vodom), postupak je brz, nije potrebno naknadno umrežavanje i moguće je upotrebljavati različite FullCure materijale koji omogućuju različitu geometriju, mehanička svojstva i boju [15]. PolyJet postupak se primjenjuje u automobilskoj industriji, elektronici, za proizvodnju igračaka, obuće, potrošačkih dobara i za izradu nakita [11]. PolyJet postupkom moguće je i miješati materijal (*Digital Materials*) kojim se postižu ciljana svojstva gotove tvorevine. Postupak se temelji na načelu *PolyJet Matrix*. No nedostatak takvog postupka je visoka cijena uređaja [17].

Materijali koji se primjenjuju u *PolyJet* postupku su: FullCure fotopolimerni akrilni materijali koji omogućuju izradu 3D modela visoke preciznosti i finih detalja. Velika različitost smola u FullCure-u, uključuje prozirnost, obojenost, neprozirnost, savitljivost i krutost. Postoje FullCure 720, VeroBlue, VeroWhite, VeroGray, VeroBlack, VeroMagenta, VeroYellow, VeroCyan, DurusWhite, TangoPlus, TangoBlackPlus, TangoGray i TangoBlack materijali [15].

FullCure 720 je proziran akrilni fotopolimer koji je prikladan za krute modele. Prednosti tog materijala su: nije potrebna naknadna obrada, prekidno istezanje je 20 %, dobra savojna žilavost i mogućnost strojne obrade, bušenja i kromiranja [15].

Vero materijali su neprozirni materijali u boji, koji omogućuju izradu finih detalja i smanjuju potrebu za bojanjem. Imaju izvrsnu savojnu žilavost i modul savitljivosti. VeroBlack je materijal s visokim modulom savitljivosti i visokom postojanošću na vlagu, što ga čini pogodnim za mnoge primjene. Neprozirna crna boja omogućava upotrebu u elektronici. VeroGray ima izvrsnu dimenzijsku točnost, nisku apsorpciju vode, visoku savojnu čvrstoću (95 MPa) i modul savijanja. Primjenjuje se u automobilskoj industriji, za izradu igračaka, u medicini, elektronici, itd [15].

DurusWhite je materijal koji ima svojstva slična polipropilenu i ima dobru savitljivost, čvrstoću i žilavost [15]. Tango materijali imaju izvrsno prekidno istezanje (> 50 %), savitljivost i elastičnost. Postoje TangoBlack, koji omogućuje maksimalnu elastičnost sa tvrdoćom od 61 Shore-a, TangoGray, koji je malo tvrdi (75 Shore-a) i TangoPlus kod kojeg je prekidno istezanje 218 % [15, 17].

#### 4. Dizajn ženske torbice

Ženska torbica izrađena je kombinacijom poluprozirne unutarnje mrežice i elastične vanjske površine. Dizajn vanjske površine podsjeća na paukovu mrežu koja mora presijecati poluprozirnu mrežicu te opet izaći s unutarnje strane torbice. Oba dva dijela su izrađena iz jednog komada bez naknadnog spajanja kod svake polovice torbice. Takav način izrade trenutno omogućuje jedino postupak ispisivanja mlazom fotopolimera primjenom digitalnih materijala, tj. miješanjem čvrstog i savitljivog polimera u različitim omjerima (PolyJet Matrix). Dimenzije svake polovice torbice su  $193 \times 150 \times 44$  mm. Vanjski dio načinjen je s materijalom tvrdoće Shore A 95, a unutarnja mrežica s mješavinom prozirnog materijala i crnog. Spajanje polovica torbice ostvareno je s jedne strane zatikom, a s druge strane magnetima koji omogućuju lakše otvaranje i zatvaranje torbice prilikom upotrebe. Izrada obje polovice torbice trajala je 27 sati.



a.

b.

c.

Slika 8: Ženska torbica: a. gornja strana, b. u zatvorenom položaju, c. u otvorenom položaju, dvije polovice

## 5. Zaključak

Aditivna proizvodnja omogućuje značajne prednosti u tekstilnoj industriji, bilo da je riječ o odjeći, obući ili raznim dodacima (torbicama, nakitu, šalovima, itd.) prvenstveno zbog mogućnosti izrade komplikiranih struktura. U tekstilnoj industriji nema ograničenja, osim ljudska mašta. Dodatna prednost primjene postupka ispisivanja mlazom fotopolimera je u mogućnosti izrade različitih vrste čvrstog i savitljivog materijala u jednom ciklusu na jednoj tvorevini. U radu je obrađena ženska torbica koje je zamisljena kao veći ručni novčanik za večernje izlaska i namijenjena da se plasira na tržište većeg cjenovnog razreda. Takvu strukturu trenutno nije moguće načiniti klasičnim postupcima prerade niti jednim drugim aditivnim postupkom.

## Literatura

- [1] Pilipović, A.: *Influence of processing parameters on the properties of polymer prototype*, doctoral thesis, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb, 2012.
- [2] Wholers, T.T.; *Wholers Report 2014*, Wholers Associates Inc., Fort Collins, Colorado, SAD, 2014.
- [3] Gebhardt, A.: *Understanding Additive manufacturing*, Hanser, ISBN: 978-3-446-42552-1, Munich, 2012.
- [4] 3D printing as a manufacturing tool and for textiles (continued manufacturing series), Dostupan na <https://www.textile-future.com/-textile-manufacturing/news/3d-printing-as-a-manufacturing-tool-and-for-textiles-continued-manufacturing-series/2127/> Pristupljeno: 21.12.2016.
- [5] <http://www.continuumfashion.com/N12.php> Pristupljeno: 21.12.2016.
- [6] <http://tdsblog.com/wrap-final-thoughts-fashion-tech/> Pristupljeno: 22.12.2016.
- [7] <http://www.3ders.org/articles/20140314-multi-material-color-3d-printer-puts-garden-of-eden-infashion.html> Pristupljeno: 22.12.2016.
- [8] Pilipović, J.; Pilipović, A.: 4D tiskanje, ABC tehnika, Vol. 575-2014, str. 6 – 7, ISBN 1334-4374
- [9] Pilipović, J.; Pilipović, A.: 4D tiskanje – nove mogućnosti aditivne proizvodnje, Polimeri, Vol. 34(2013)4, str. 132, ISSN 0351-1871
- [10] <https://textually.org/3DPrinting/2014/12/033223.htm> Pristupljeno: 22.12.2016.
- [11] Liou, F.W.: *Rapid Prototyping and Engineering applications: A Toolbox for Prototype Development*, CRC Press – Taylor & Francis Group, SAD, 2008.
- [12] Pilipović, A.: *Analiza svojstava materijala za brzu proizvodnju prototipova*, diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2006.
- [13] Godec, D.: *Utjecaj hibridnog kalupa na svojstva injekcijski prešanog plastomernog otpreska*, doktorski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2005.
- [14] Gibson, I.; Rosen, D.W.; Stucker, B.: *Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*, Springer, 2010.
- [15] Objet, [www.objet.com](http://www.objet.com), Pristupljeno: 10.12.2016.
- [16] Drstvenšek, I.: *Layered Technologies*, Fakulteta za strojništvo, Maribor, Slovenija, 2004., ISBN: 86-4350616-8.
- [17] Drstvenšek, I.; Godec, D.: *EUROMOLD 2008 – svjetski sajam broj 1 za brzu proizvodnju, alatničarstvo i razvoj proizvoda*, IRT3000 – inovacijerazvojtehnologije, Vol. 6 (1/2009), str. 28-36.

## Zahvala

Rad je nastao u sklopu projekta IPA III c: *Aditivne tehnologije za mala i srednje velika poduzeća – AdTeh SME*. Autorica se želi zahvaliti Europskoj uniji i Ministarstvu znanosti obrazovanja i sporta za financiranje ovog projekta. Također velika zahvala tvrtki Yuma Producija d.o.o za dizajn.

### Autor(i):

Doc. dr. sc. Ana PILIPOVIĆ  
Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje  
Ivana Lučića 5, 10000 Zagreb  
Tel: +385 1 6168-292

E-mail: ana.pilipovic@fsb.hr

Prof. dr. sc. Mladen ŠERCER  
Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje  
Ivana Lučića 5, 10000 Zagreb  
Tel: +385 1 6168-338

E-mail: mladen.sercer@fsb.hr

## SUVREMENI MODNI DIZAJN I TEHNOLOGIJA: SVJETLOST I TIJELO

### CONTEMPORARY FASHION DESIGN AND TECHNOLOGY: ILLUMINATION AND THE BODY

Petra KRPAN

**Sažetak:** Tehnologija i modni dizajn su oduvijek bili povezani, no posljednjih desetak godina sve je veća vidljivost tehnologije u svremenoj modi. U tom se smislu sada svjetlost koristi kao integracijski dio odjevnog objekta. Svjetlost postaje glavni element samog tijela u modi, naglašavajući tako pokret tkanine, ali i obrise novoga tijela. Tkanina je nova koža tijela, a tehnologija pomaže da se tkanina prilagodi tijelu. Da bi se stvorilo originalno iskustvo tijela dizajneri koriste svjetlost koja naglašava performativnost tijela. Naši odjevni objekti sada komuniciraju različitim metodama. Oni komuniciraju, transformiraju, provode energiju i svjetlost, dok im je tijelo komunikacijski alat. Sada imamo priliku komunicirati svim osjetilima s okolinom na drugačijoj razini. Pametni tekstil se uklopio u ovaj fenomen na način da koristi sva ljudska osjetila kao nov način prikupljanja informacija o subjektu i tijelu.

**Abstract:** Technology and fashion design have always been closely connected but in the last ten years the visibility of technology within contemporary fashion has increased. In this way designers use illumination as an integral part of a fashion object. Illumination now becomes the key element of the body itself enhancing the movement of the fabric, as well as new body contours. The fabric becomes new skin and technology helps the fabric to adapt to the body. To create a unique experience designers use light to enhance the performance of the body. Our garments now interact with various methods. They communicate, transform, conduct energy and light, and the body is their communication device. We now have the ability to interact with all the senses with the environment on a different level. Smart textiles join these phenomena by using our senses as a way of gathering new information on both the subject and the body.

**Ključne riječi:** suvremena moda, dizajn, tehnologija, svjetlost, tijelo

**Keywords:** contemporary fashion, design, technology, illumination, body

#### 1. Uvod

Novi mediji i tehnologija imali su velik učinak na razvoj suvremenog modnog dizajna. Svjetlost, koja je u modi prisutna u kreativnom procesu od 1980-ih godina 20. stoljeća posebno u popularnoj kulturi (umjetnost i glazba), danas ima jednu od ključnih uloga u transformaciji odjevnog objekta što je vidljivo na primjeru rada dizajnera Husseina Chalayana, Ying Gao, Mary Huang te mnogih drugih. Svjetlost sada kao tehnološki element u modnom dizajnu postaje umjetnički alat, dok moda postaje tehnološki aparat. Modni dizajn postaje platforma za razvoj novih tehnologija koje se bave tekstilom, materijalima, različitim načinima krojenja. Upotrebom svjetla u modnom dizajnu tijelo/subjekt reprezentira različite procese morfiranja, fragmentacije i imerzije. U tom smislu tijelo oblikovano svjetlošću zadobiva ne samo nove mogućnosti i karakteristike već i nove mogućnosti djelovanja u virtualnom svijetu. Problem tijela novih medija su umreženost, nemogućnost podrijetla i materijalnost. Upravo je materijalnost važan element kada se istražuje prisustvo svjetlosti i svjetlosnih elemenata u modi, ali i u tekstu. Prvenstveno je važno razdvojiti pojmove pametnog (inteligentnog tekstila) i e-tekstila. E-tekstili integriraju tehnologiju dok se pametni tekstil ne mora nužno odnositi na materijal već na različite mogućnosti i inovativni karakter [1]. Taj inovativni karakter je odlučujući u reprezentaciji modnog objekta jer pokazuje kolike su mogućnosti tijela i odjevnog predmeta. Dizajneri iz tog razloga imaju veliku ulogu u razvoju i načinima korištenja svjetlosti u oblikovanju odjevnog objekta no moraju voditi računa o različitim izazovima i preprekama, primjerice načinu odabira tkanine i različite mogućnosti programiranja dioda. Svjetlost kao umjetnički element postaje sve više tehnološki u modnom dizajnu. Tijelo suvremene mode nikada nije imalo više izbora u smislu tehnologije, razvoja tkanina i pametnog tekstila. Autorica Patrizia Calefato u svojoj knjizi *The Clothed Body* (2004) govori upravo o problemima tijela i objekta u novim medijima [2]. Suvremena je moda došla do svog obrata nakon 1990-ih godina 20. stoljeća jer tada tehnologija postaje nezaobilazni dio reprezentacije u modi. Bez istraživanja tehnologije ne možemo doći do stvarnog istraživanja suvremene mode i njezinog tijela. Tehnologija je integralni dio tijela i njegova oblikovanja. Tehnologija i mediji su ti koji omogućavaju tijelu da živi dok ga istovremeno u potpunosti negiraju. No svjetlost *oplemenjuje* tijelo, na neki način ga udvostručava. Mogli bismo reći da tijelo sada ima oznake *neljudskog* [3]. Ne radi se samo o

eksperimentu tijela i granica u kojem ono djeluje već se radi o dinamičnom krugu koji emitira kodove koji oblikuju subjekt/tijelo. Unutar kruga modnog zbivanja danas, moda se pojavljuje kao semiotka novog društvenog stila života uz velik utjecaj tehnologije. Putem modnih kodova možemo doći do boljeg razumijevanja modnog objekta i njegova utjecaja na tijelo. Suvremena moda se bavi upravo ovom problematikom: testiranje granica novoga tijela s *novom kožom*. Promjena stvarnosti i tradicionalnog načina misli o tijelu omogućila je da ono uroni u nove medije (imerzija), ali istovremeno postane neodovođivo od medija i tehnologije. Pitanje je koliko tijelo u novim medijima uopće ima prava i mogućnosti izbora? Kanadska dizajnerica i sveučilišna profesorica Ying Gao istražuje navedenu problematiku, tijelo i materijal te njihovu neodvojivost, ovisnost o vanjskim elementima poput svjetlosti i zvuka. Gao dovodi u pitanje na koje načine zvuk i pokret djeluju na materijal te u projektu *Incertitudes (Nesigurnosti)*, prikazan na slici 1. iz 2004. godine istražuje kako odjevni predmet pokrenuti glasom subjekta koji ga nosi. Dizajn tkanine čine pokretnе igle koje se pomiču zvukom te su uvijek u *nesigurnosti* koje je stvarno značenje glasa koji ih pokreće. Uloga novih medija ne samo da dovodi u pitanje ulogu tijela već stavlja suvremenu modu u položaj fluidnosti i neprestane promjenjivosti. Svjetlost je zato zanimljiv element za korištenje u oblikovanju odjevnog objekta i to ne više samo u eksperimentalnoj modi.



**Slika 1:** Projekt *Incertitudes (Nesigurnosti)* iz 2004. godine dizajnerice Ying Gao koji istražuje utjecaj zvuka na materijal i tijelo

### 1.1. Teorija mode i tehnologija

Razvoj područja teorije mode obuhvatio je različite pristupe, odnosimo se prema modi kao prema sistemu (Roland Barthes, 1967), kao materijalnoj i simboličkoj kulturi (Yunija Kawamura, 2005). Moda, s naglaskom na suvremenu modu nakon 1990-ih godina 20. stoljeća, postavlja pitanje o tome kako se i u kojoj mjeri tehnologija odnosi na tijelo, točnije kako ga određuje? Ili čime se sada u doba digitalne tehnologije i virtualiteta moda određuje, ako ne društveno-kulturalnim promjenama? Dinamika modnog sistema prolazila je mnoge promjene, od velikog utjecaja globalizacije, promjene potreba tržišta, promjene uloge dizajnera. No vidljivo je da je moda nakon 1980-ih godina postaje *drugačija*. I to ne samo u smislu mode kao odijevanja već mode kao reprezentacije. Mediji kao i tehnologija postaju sve više uključeni u rad i istraživanje modnog tijela. Namjera ovoga rada je pokazati kako tehnologija u znaku svjetlosti i njezinih elemenata u modnom dizajnu mijenja način produkcije odjevnog predmeta, s obzirom na kompleksnost izrade te kako se osjećaj i iskustvo subjekta mijenja promjenom *prirodnog* materijala u *neprirodni* materijal i okoliš. Tijelo je pretrpjelo razne promjene i iskustva, od antičkog tijela do procvata u renesansi i tehnološkog tijela danas. Autentičnost tijela više nije moguća ukoliko zaključimo da je tijelo svojevrsni simulakrum (prikaz) jer ne postoji izvor niti referent u stvarnosti, kako navodi Jean Baudrillard [4]. No novi mediji ne trebaju *autentično* tijelo već ono koje mogu sami kodirati i umrežiti. Tijelo suvremene mode unutar tehnološkog sklopa zadobiva nove načine komunikacije, nova iskustva i mogućnosti. Svjetlost postaje neodvojiv dio odjevnog objekta jer kombinira tehnologiju, dizajn i

kreativnost u kodiranju i izgledu završnog objekta. Unatoč svojevrsnoj negaciji tijela upotrebom tehnologije, tijelo kroz svjetlost dobiva mogućnost nove interpretacije u području teorije mode. Naime, od početaka razvoja sociologije mode od Renéa Königa do Baudrillardove teze o kraju mode s kraja 60-ih godina, tijelo je bilo svrstano kao objekt mode, a ne njezin subjekt. Svjetlost ima snažnu interakciju s tijelom te ga na taj način čini više prisutnim u prostoru/vremenu dok istovremeno djeluje na promatrača i okolinu. Kroz upotrebu svjetlosne tehnologije u modi se stvara nova vrsta individualnosti, novi fizički obrisi tijela koji su sada oblikovani vanjskim elementom, a ne više tkaninom i krojem koji stvaraju siluetu. Odjevni predmet dobiva nove prostore u kojemu djeluje, onaj untarnji koji je u interakciji s kožom i reagira na tjelesne impulse i onaj vanjski koji štiti tijelo i reagira s okolinom.

## 2. Eksperimentalni dio

Eksperimentiranje je ključan dio kreativnog procesa kod rada s svjetlošću, s obzirom da su posljedice upotrebe svjelosnih elemenata vidljive odmah. Rezultat interakcije subjekta/tijela s svjetlošću može dovesti do novog iskustva subjekta i promatrača. To je bila i polazišna točka međunarodne radionice *Fashion in the Light of Technology* koja je bila osmišljena pod vodstvom prof. dr. sc. Jelke Geršak, doc. dr. Suzane Uran, više predavačice Silve Krešević Vraz, mag. art. Ivane Mrčele i mag. ing. Petre Krpan na Sveučilištu u Mariboru, Fakultetu za strojništvo u sklopu CEEPUS programa u listopadu 2016. godine. Raspravljaljalo se upravo u načinima upotrebe svjetlosti u modnom dizajnu, tehnologiji i umjetnosti. Studenti su na radionici imali za zadatak osmisliti dizajn dviju haljina s LED diodama ili optičkim vlaknima pod vodstvom mag. art. Ivane Mrčele i mag. ing. Petre Krpan, zatim odabrati odgovarajuće tkanine koje bi dobro funkcionirole s svjetlosnim elementima, izraditi dva prototipa, konstrukcijski rješiti poteškoće oko spajanja baterije s LED diodama na tkanini, programirati program na *Lily-Padu* (mini-kompjuteru) koji pokreće diode te u završnom stadiju zašti konstrukcijske dijelove odjevnih predmeta. U smislu praktičnog djelovanja studenti su imali vrlo malo vremena za eksperimentiranje s tkaninom kao i s odabirom kroja. Postavljanje mreže provodljivog konca, kako je prikazao na slici 2., bio je zahtjevan zadatak s obzirom da se on ručno šivao na tkaninu pritom pazeti da se svaki konac ne preklapa da ne bi došlo do kratkog spoja. U završnoj fazi provodljivi konac se spajao na mini-kompjuter *Lily-Pad* koji je sakriven u ovratniku jedne od haljina kao i baterija za napajanje. Svi ti elementi su morali biti izvedeni u prototipu haljine, kako bi se vidjelo koji su nedostaci i prednosti kroja.

Interakcija odjevnog predmeta sa svjetlošću uzrokuje jasne posljedice fragmentacije i morfiranja, razmjene tjelesnog iskustva s okolinom, kao i promjenu istog unutar samog subjekta. Svjetlost diktira pokret tijelu i obrnuto, sve ovisno na koje načine ćemo kodirati program i na taj način *obilježiti* i istaknuti tijelo. Sva tijela unutar sistema mode postaju kodificirana unatoč jasnoj disintegraciji tijela pod utjecajem tehnologije i medija. No svjetlost pronalazi načine kako ujediniti tijelo i tkaninu. Ona daje pokret, kako je prikazano u radu dizajnera Husseina Chalayana u njegovom projektu *Video Dress* iz 2007. godine gdje je dizajner koristio 15, 000 LED dioda u izradi haljine. Chalayan, kao i Gao, istražuje konstrukciju odjevnog objekta, transformacije koje nastaju unutar društvenog i tehnološkog aspekta mode.



Slika 2: Izrada prototipa ovratnika i slaganje mreže za LED diode

Dakle, tijelo mode ne može postojati bez koncepta tehnologije, ali još važnije bez integracije tehnologije u tijelo. Svjetlost se u ovom eksperimentalnom dijelu kada se producira odjevni predmet mora pažljivo integrirati te se cijelokupni kreativni proces za koji je dizajner zadužen uvelike mijenja.

### 3. Rezultati i rasprava

Forma mode unutar medijske simulcije dizajnira različit odnos prema tijelu. Fragmentiranost medija pomaže modi da ostane prisutna u vijek i svugdje. U tom smislu ovo područje istraživanja svjetlosti i modnog dizajna je značajno jer nije dovoljno istraženo u teorijama mode. Prisutnost vanjskog elementa u tijelu i na tijelu sada dovodi do novih mogućnosti teorijskih interpretacija. No ono što je od važnosti jest promjena svakodnevice tijela, u kojoj se mi kao subjekti moramo nužno mijenjati u odnosu na tehnološki napredak.

Nedvojbeno je da tijelo se više gubi *prirodne karakteristike*, no postavlja se pitanje je li ono *tehnološko*, nova priroda tijela? Mjena društva i kulture pod utjecajem tehnologije promjenila je strogo sociološko razumijevanje mode i identiteta. Kako bismo razumjeli ovu problematiku potrebno je istraživati modu, tehnologiju i tijelo interdisciplinarno. Što bi značilo da se moda u ovom kontekstu razumije kao nova vizualna semiotika koju sada *odčitavamo* putem znakova tehnologije. Autorica Caroline Evans u tom smislu napominje važnost istraživanja mode kroz semiotiku, sociologiju, vizualne studije [5]. Pitanja u vezi identiteta ostaju i dalje za istraživanje s obzirom na snažan napredak tehnologije i svjetlosti u modnom dizajnu. No ono što svjetlost čini, a druga tehnologija ne u tolikoj mjeri, jest promjena tijela i okoline. Upravo je ta okolina zanimljiva iz razloga što svjetlost ima zadaću oblikovanja događaja, a ne samo tijela mode. Svjetlost u tom kontekstu nije sam oblikovni element tijela već i okoline u kojoj se modna revija kao događaj odvija.



**Slika 3:** Haljina 1. grupe studenta izrađena na međunarodnoj radionici *Fashion in the Light of Technology* u Mariboru 2016. godine, led diode vidljive su na ovratniku haljine

Tvrtka *Cute-Circuit* čini upravo to, dizajnirajući odjeću s LED diodama većinom za glazbene performanse. Njihov projekt poput *Galaxy Dress*, haljine izrađene s 24 000 malih dioda pršivenih na tkaninu je najveći odjevni zaslon na svijetu. U *Cute-Circuitu* vješto izrađuju vlastite diode i vlakna pazeći na performanse svakog dijela koji se uključuje u kreativni proces, a ujedno su jedna od rijetkih kompanija koja proizvodi odjevne dodatke s svjetlošću za prodaju. Iako se tehnologija razvija vrlo brzo, na tržištu još uvijek nema mnogo proizvoda s ovakvim mogućnostima. U budućnosti će se problematika oko održavanja odjeće, mijenjanja baterije i mikro-kompjutera zasigurno rješiti na način da svi dijelovi u tehnologiji postaju tanji i neprimjetniji, kako je vidljivo u kompjuterskoj industriji, no ostaje pitanje izdržljivosti takvih svjetlosnih elemenata na odjeći i njihove stvarne primjenjivosti. Dobar je primjer izrada jakni za djecu koja posjeduju led diode kako bi djeca bila lakše vidljiva u prometu. Već navedena tvrtka *Cute-Circuit* proizvodi uniforme za avio-kompaniju *Easy-Jet*, koje su dizajnirane s najboljim materijalima, a imaju LED diode na ramenima koje služe kao malen ekran na kojem putnici mogu vidjeti osnovne podatke o letu u svakome trenutku.

Kao rezultat međunarodne radionice *Fashion in the Light of Technology* dobivene su dvije haljine od kojih je jedna dizajnirana s LED diodama, prikazana na slici 3., a druga s optičkim vlaknima. U oba slučaja radilo se o veoma opsežnom istraživanju tkanina, materijala, kombiniranje različitih vrsta i oblika dioda. Sve usputne poteškoće rješavale su se kod izrade prototipa kako bi u završnom odjevnom predmetu sve funkcionalno pravilno. Dakle kod dizajna i integracije bilo kakve vrste svjetlosti, mijenja se kreativni proces i uloga dizajnera, koji više ne samo da dizajnira s tkaninom i krojem već tehnologijom i njezinim izazovima. Ovakav način proizvodnje, čak i malim serijama, mijenja modni objekt, ali i subjekt, jer dolazi do inverzije. Ono što je bilo vanjsko (svjetlost), sada je unutarnje (na tijelu).

#### 4. Zaključak

Suvremena moda se sada razumije kao novi jezik unutar Zapadog sistema mode. Pitanja oko tehnologije i oblikovanja tijela nedvojbeno moraju biti sagledana u kontekstu novih medija i društveno-kulturalne sfere u kojoj se moda neprestano ponavlja u ciklusima. Tehnologija nije samo promjenila načine tradicionalnog razumijevanja tijela, već više stvarnosti ili točnije konstrukcije stvarnosti mode. Upravo je tehnologija ta koja sada zajedno s modom igra veliku ulogu u transformaciji subjekta, njegova tijela i identiteta. Moda je, još od klasno-socijalnih teorija, oduvijek bila vezana uz identitet i ono što ga određuje. Kategorije su se promjenile te je svjetlost doprinjela jednoj novoj dimenziji tjelesnog iskustva i osjetila. Svjetleća moda ili svjetlost i moda reprezentiraju novu vrstu komunikacije, onu vizualnu, ali i taktilnu. Upravo se u onom vizualnom ogledu i moda, ali ne više samo kao estetska kategorija i forma već kao nova vizualna semiotika društva.

Komunikacija je ono što se promjenilo unutar društvene sfere, posebno nakon velikog utjecaja digitalne tehnologije na modu. U tom smislu iz teorijskog aspekta dolazi do mnoštva pogrešnih interpretacija modnog dizajna jer i sama suvremena moda *predlaže* različite razine značenja, praktičnih i teorijskih. Dizajn interaktivne odjeće zasigurno je područje koje će se u budućnosti još teorijski istraživati, no ono što se može zaključiti jest da je već došlo do velikih promjena u načinima pripreme i dizajniranja. Dizajner više nije samo dizajner kolekcija, već dizajner cjelokupnog životnog stila. Taj životni stil sada nužno integrira jednu od tehnologija, a to je posebno vidljivo u dizajnu odjeće. Već sada postoji niz kolekcija isprintanih na 3D printerima, odličan primjer je rad dizajnerice Iris Van Herpen koja gotovo da ništa ne kroji iz tkanine već sve isljučivo printa, dobivajući spektakularne realistične forme na tijelu. To zasigurno nije odjeća u tradicionalnom poimanju, no ona predstavlja novu odjeću, novu kožu i nov identitet.

Sada više nego ikada u modnoj industriji postoji interaktivnost, gdje tijela služe kao svojevrsni zasloni (ekrani). Ti zasloni sada daju informacije, komuniciraju, daju tijelu jednu novu vrstu zadaće. Odjeća je od početaka odijevanja bila vezana uz zaštitu tijela, zatim status i moć, a sada označava novo razdoblje gdje se odjeća razumije kao komunikativno-interaktivni alat. Mnogo je elemenata koji danas određuju modu i njezino značenje, a svjetlost je zasigurno jedan od njih.

#### Literatura

- [1] Pailes-Friedman, R.; *Smart Textiles for Designers: Inventing the Future Fabrics*, Laurance King Publishing, ISBN: 978-1-78067-732-3, London, (2016), str. 12
- [2] Calefato, P.; *The Clothed Body (Dress, Body and Culture)*, Berg Publishing, ISBN: 9781859738054, London, New York, (2004)
- [3] Paić, Ž.; *Posthumano stanje: Kraj čovjeka i mogućnosti druge povijesti*, Litteris, ISBN: 9789537250423 (2011), str. 68
- [4] Baudrillard, J.; *Simulacija i zbljija*, Jesenski i Turk, ISBN: 978-953-222-654-6, (2013)
- [5] Evans, C.; *Fashion At the Edge: Spectacle, Modernity and Deathliness*, Yale University Press, ISBN: 978-0300124675, New Haven, (2007)

#### Zahvala

Zahvaljujem se mentoru dr. sc. Žarku Paiću, izv. prof. na znanju i velikoj podršci u radu. Profesorici dr. sc. Jelki Geršak na pozivu na CEEPUS Winter School of Design u Mariboru, doc. dr. sc. Suzani Uran na pomoći i znanju kod programiranja za LED diode, posebno viš. pred. Silvi Krešević Vraz, univ. dipl. inž. tekst. bez koje ne bismo uspjeli završiti projekt, a od koje smo naučili neizmjerno puno, prof. lik. kulture Andrei Pavetić, izv. prof. na velikoj pomoći oko organizacije za CEEPUS razmjenu, kolegici mag. art. Ivani Mrčeli na zajedničkom radu na međunarodnoj radionici u Mariboru u sklopu CEEPUS programa u listopadu 2016. godine.

#### Autor(i):

Mag. ing. Petra KRPMAN, asistentica  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb  
Tel: +(385) (1) 3712 565

Fax: +(385) (1) 3712 599

E-mail: petra.krpan@ttf.hr

# PRIMJENA MATERIJALA S PROMJENOM FAZE ZA POSTIZANJE TERMOREGULACIJSKIH SVOJSTAVA TEKSTILNIH MATERIJALA

## APPLICATION OF PHASE CHANGE MATERIALS FOR ACHIEVING THERMOREGULATION PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS

Jelena PERAN & Sanja ERCEGOVIĆ RAŽIĆ

**Sažetak:** Suvremena istraživanja u tekstilnoj industriji usmjereni su prema razvoju tekstila termoregulacijskih svojstava ugradnjom materijala s promjenom faze (engl. Phase Change Material, PCM). To su tvari ili smjese tvari koje promjenom agregatnog stanja primaju i oslobađaju velike količine energije u obliku latentne topline uz istovremenu minimalnu promjenu vlastite temperature. Kada se postigne temperatura tališta dolazi do promjene faze te pohrane latentne topline čija je posljedica efekt hlađenja u tekstilnom sloju. Izvor topline može biti ljudsko tijelo pri tjelesnoj aktivnosti ili visoka temperatura okoline. Ukoliko se odjevni predmet nosi u uvjetima temperature niže od temperature skrtnjavanja PCM-a, dolazi do prijelaza u kruto agregatno stanje i oslobađanja topline te efekta zagrijavanja. Na ovaj način postiže se održavanje termofiziološke udobnosti. Danas je definirano preko 500 prirodnih i sintetskih materijala s promjenom faze koji se razlikuju, osim kemijskim sastavom, rasponom temperature u kojem dolazi do promjena faze te toplinskim kapacitetom. Upravo veliki raspon temperature u kojima materijala s promjenom faze pokazuju aktivnost omogućuje široku primjenu u zaštitnom tekstu, kućanskem tekstu, prehrambenoj industriji, građevinarstvu, medicini, automobilskoj industriji itd.

**Abstract:** Recent researches in the textile industry are directed towards the development of textiles with thermoregulatory properties using phase change materials (PCM). These are substances or mixtures of substances, while changing phase, absorb and release energy in the form of latent heat and the material itself doesn't change in temperature. As a material changes the phase from a solid to a liquid, it absorbs energy from its surroundings, which results in the cooling effect of the textile layer. The heat source may be a human body in physical activity or high temperature of the environment. If the garment is worn in conditions of temperature lower than the temperature of solidification of PCM, the transition to solid state and the release of heat occurs. In this way, thermo-physiological comfort is achieved. Today, over 500 natural and synthetic PCMs are defined which differ in chemical composition, the temperature range in which the phase change occur and heat capacity. A large temperature range in which PCMs show activity allows many applications such as in protective textiles, home textiles, food industry, construction, medicine, automobile industry etc.

**Ključne riječi:** Materijali sa promjenom faze, latentna toplina, termoregulacijska svojstva, termofiziološka udobonost

**Keywords:** Phase change materials, latent heat, thermo-regulation properties, thermo-physiological comfort

### 1. Uvod

Materijali s promjenom faze, zbog svoje sposobnosti apsorpcije i oslobađanja energije u obliku latentne topline, imaju veliki potencijal za primjenu u tekstu za postizanje termoregulacijskih svojstava. Istraživanja u području primjene materijala s promjenom faze i njihovog toplinskog kapaciteta, započinju 1970 - ih godina u okviru programa NASA-e za ugradnju PCM-a u svemirska odijela koja bi pružala visoku udobnost astronautima u specifičnim uvjetima nošenja. U to vrijeme intenzivno se istražuju spojevi, njihova svojstva i karakteristike te mogućnosti primjene materijala s promjenom faze. Danas je poznat veliki broj PCM-materijala te su razvijene brojne metode njihove ugradnje u tekstu. U radu će biti sažeto predstavljeni materijali s promjenom faze i njihov potencijal za primjenu u području teksta.

### 2. Materijali s promjenom faze

Materijali s promjenom faze (eng. Phase Change Materials, PCM) su tvari ili smjese tvari koje promjenom agregatnog stanja primaju i oslobađaju velike količine energije u obliku latentne topline uz istovremenu minimalnu promjenu vlastite temperature. Promjenom agregatnog stanja procesima taljenja, isparavanja i kristalizacije, dolazi do apsorpcije velike količinu energije, a povratkom u prvobitno agregatno stanje procesima rekrystalizacije, kondenzacije i skrtnjavanja dolazi do oslobađanja velike količine energije u vidu latentne topline. Temperatura promjene agregatnog stanja nalazi se u području u kojem je ovaj proces iskoristiv pri

regulaciji temperature [1, 2]. Slika 1. prikazuje pohranu topline prilikom promjene agregatnog stanja PCM materijala iz krutog u tekuće te plinovito agregatno stanje [3].

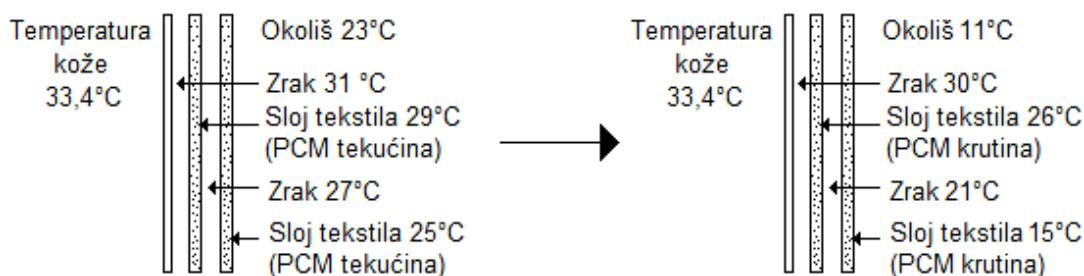


**Slika 1:** Oblici topline tijekom promjene agregatnog stanja PCM materijala [3]

Pri temperaturama nižim od temperature tališta, krutina se zagrijava te dolazi do apsorpcije tzv. osjetne topline. Daljnjim zagrijavanjem dolazi do taljenja i pohrane značajne količine latentne topline bez promjene temperature materijala. Proces traje do potpunog prijelaza u tekuće stanje nakon čega daljnjim zagrijavanjem temperatura ponovno počinje rasti sve do temperature isparavanja. Isparavanjem se apsorbira latentna toplina isparavanja, a daljnjim zagrijavanjem osjetna toplina. Analogno, pri hlađenju PCM materijala promjenom agregatnog stanja dolazi do oslobađanja osjetne, odnosno latentne topline u okolinu [2, 3]. Iz slike 1. također je vidljivo da je količina latentne topline isparavanja veća od latentne topline taljenja, no u praksi, posebice u tekstilu, primjena PCM materijala temelji se na iskoristivosti latentne topline koja se apsorbira, odnosno oslobađa prilikom procesa taljenja i skrtnjavanja [3].

## 2.1. Uloga materijala s promjenom faze u tekstilu

Istraživanja u području primjene materijala s promjenom faze i njihovog toplinskog kapaciteta, odn. sposobnosti pohrane topline, aktualna su 1970 – ih godina. NASA je posebno bila zainteresirana za ugradnju PCM-a u svemirska odijela koja bi pružala visoku udobnost astronautima u specifičnim uvjetima nošenja [3]. Godine 1971. izdaje priručnik o materijalim s promjenom faze pod nazivom „Phase Change Materials Handbook“ [4] i 1977. godine drugi priručnik „A Design Handbook for Phase Change Thermal Control and Energy Storage Devices“ [5]. Bili su to jedni od prvih priručnika na ovu temu [3, 6]. Najpoznatiji materijal s promjenom faze je voda koja pri 0°C postaje led te isparava pri 100°C. No zbog velikog temperaturnog raspona nije prikladna za uporabu u tekstilu [7, 9]. Da bi PCM bili primjenjivi u tekstilstvu, moraju zadovoljiti niz zahtjeva. Najvažniji zahtjev je temperatura tališta koja mora biti između 15°C i 35°C [7]. Kada se postigne temperatura tališta dolazi do promjene faze te pohrane latentne topline čija je posljedica efekt hlađenja u tekstilnom sloju. Izvor topline može biti ljudsko tijelo pri tjelesnoj aktivnosti ili visoka temperatura okoliša. Ukoliko se odjevni predmet nosi u uvjetima niske temperature koja je niža od temperature skrtnjavanja PCM-a, dolazi do prijelaza u kruto agregatno stanje i oslobađanja topline koja uzrokuje efekt zagrijavanja (Slika 2) [9].



**Slika 2:** Shematski prikaz promjene faze tekuće-kruto u uvjetima niske temperature [9]

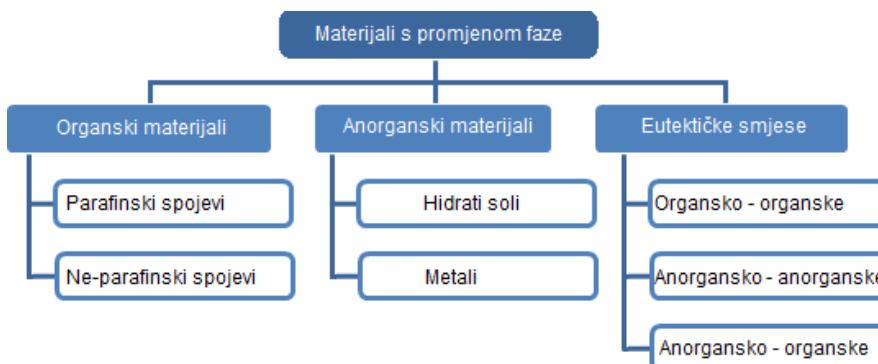
Na ovaj način održava se termofiziološka udobnost odjeće i obuće. Termofiziološka udobnost direktno je vezana uz ulogu tekstila kao barijere između ljudskog tijela i okoline, a može se definirati kao sposobnost održavanja termičke ravnoteže između proizvedene i izgubljene topline tijela, odn. sposobnost održavanja konstantne temperature tijela [10]. Prosječna temperatura kože je 33,4°C, a prosječna tjelesna temperatura 37°C uz odstupanje  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  u različitim klimatskim uvjetima [11, 12]. Ljudski organizam može optimalno funkcionirati ukoliko se tjelesna temperatura ne mijenja za više od 0,5°C [13]. Iz navedenog je vidljiva važnost tekstila i uloga materijala s promjenom faze u održavanju termofiziološke udobnosti. Drugi važan zahtjev za

PCM materijale je visoka latentna toplina taljenja koja predstavlja količinu energije koja se može pohraniti u određenoj masi materijala (kJ/kg) prilikom taljenja, odnosno osloboditi tijekom skrutnjavanja. Što je veća latentna toplina taljenja, to je sustav energetski učinkovitiji te će biti potrebna manja masa PCM materijala za postizanje visokog učinka [3, 7]. Također, važna je i vodljivost materijala koja povećava provođenje topline. Sljedeći kriterij pri izboru PCM-a je mali temperaturni raspon djelovanja, odnosno mala razlika između temperature tališta i skrutnjavanja. Izbor PCM-a ovisi o specifičnim temperaturnim uvjetima u kojima će se odjevni predmet s ugrađenim materijalom s promjenom faze koristiti. Izuzetno je važna stabilnost PCM-a, kako kemijska, tako i fizička, pri kontinuiranim reverzibilnim promjenama faza kruto – tekuće. Materijali s promjenom faze moraju biti prihvativi za okolinu, netoksični, ne zapaljivi, kompatibilni s tekstilnim materijalom u koji se ugrađuju te s ekonomskog aspekta pristupačni i niske cijene [3, 7, 14].

## 2.2. Vrste PCM materijala

Materijale s promjenom faze mogu se svrstati u tri glavne skupine (slika 3) [14, 15]:

- organski materijali (parafinski i ne-parafinski spojevi),
- anorganski materijali (hidrati soli i pojedini metali)
- eutektičke smjese (organsko-organske, anorgansko-anorganske i anorgansko-organske).



**Slika 3:** Shematski prikaz podjele PCM materijala [14]

Od svih PCM materijala najčešće se primjenjuje parafin, smjesa n-alkana, tj. zasićenih alifatskih ugljikovodika formule  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{CH}_3$ . U tablici 1. prikazana su termička svojstva parafinskih voskova s brojem ugljikovih atoma od 12 do 18 [6].

**Tablica 1:** Termička svojstva odabranih parafinskih voskova [6]

Parafin	Molekulska formula	M [g/mol]	T <sub>t</sub> [°C]	T <sub>k</sub> [°C]	Latentna toplina taljenja [kJ/kg]
n – dodekan	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{10}-\text{CH}_3$	170,3	-10	-16	216
n – tridekan	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{11}-\text{CH}_3$	184,4	-5	-9	160
n - tetradekan	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{12}-\text{CH}_3$	198,0	5-6	0	227
n - pentadekan	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{13}-\text{CH}_3$	212,0	10	5	205
n – heksadekan	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{CH}_3$	226,0	18-19	17	237
n – heptadekan	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{15}-\text{CH}_3$	240,0	22	22	171
n – oktadekan	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{CH}_3$	254,0	28	25	242

M [g/mol] – molarna masa, T<sub>t</sub> [°C] – temperatura tališta, T<sub>k</sub> [°C] – temperatura kristalizacije

Promatranjem termičkih svojstava odabranih parafinskih voskova u tablici 1. vidljivo je da temperatura tališta raste s porastom ugljikovih atoma u strukturi. Zbog navedenog, lako se može odabrat određeni parafin te modificirati prema potrebama primjene. Temperatura kristalizacije niža je nekoliko stupnjeva od temperature tališta, dok se latentna toplina taljenja kreće se od 142 do 255 kJ/kg. Parafinski voskovi su sigurni, nekorozivni, kemijski inertni i stabilni na temperaturi ispod 500°C. Prilikom taljenja ne dolazi do značajnih promjena u volumenu i degradacije pri ponovljenim promjenama faze. Nemaju mirisa, lako su nabavljivi, niskih cijena i ekološki prihvativi. Uz navedene dobre karakteristike, parafini imaju i nekoliko nedostataka, u prvom redu su to niska vodljivost, zapaljivost i toksičnost produkta gorenja. Ipak modifikacijom parafina i dodatkom spojeva poput sredstava za povećanje otpornosti na gorenje ovi se nedostaci mogu minimalizirati [6, 14, 15].

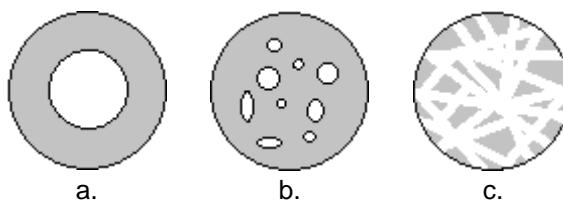
### 3. Mogućnost i postupci ugradnje PCM materijala u tekstil

Sa svrhom osiguranja nesmetanog djelovanja materijala s promjenom faze i mogućnosti njihove ugradnje u tekstilnu strukturu potrebno je najprije provesti postupak *enkapsuliranja*. Enkapsulirani materijal s promjenom faze uglavnom se sastoji od PCM materijala u središtu te polimerne ili anorganske vanjske ovojnica (kapsule) koja održava željeni oblik i sprječava kontakt materijala s promjenom faze sa okolinom. U pravilu enkapsulirani PCM materijali dijele se prema veličini na [16]:

- nanokapsule promjera manjeg od 1  $\mu\text{m}$ ,
- mikrokapsule promjera 1  $\mu\text{m}$  - 1 mm te
- makrokapsule promjera većeg od 1 mm.

Prednosti postupka enkapsuliranja je sprječavanje reakcije materijala s promjenom faze i okoline, olakšano rukovanje, te mogućnost nesmetane promjene faze i volumena tijekom reakcije materijala s promjenom faze [6, 16]. *Makroenkapsuliranje* je jednostavniji i pristupačniji način pohrane materijala s promjenom faze, no nedostatak su relativno velike dimenzije zbog čega odjeća mora biti posebnog dizajna kako bi se kapsule mogle implementirati [17]. Za razliku od makrokapsula, *mikroenkapsuliranje* omogućuje ugradnju PCM mikrokapsula manjeg promjera bez potrebe posebnog dizajna tekstila. *Mikroenkapsuliranje* se može definirati kao proces naslojavanja polimernih ili ko-polimernih materijala (vanjske ovojnice) na materijal s promjenom faze krutog, tekućeg ili plinovitog agregatnog stanja (PCM jezgra) [6, 18, 19]. Za vanjsku ovojnicu (kapsulu) mogu se primijeniti prirodni i sintetski polimeri, a izbor ovisi o kemijskim svojstvima i namjeni jezgre, uvjetima skladištenja i primjene te cijeni i pristupačnosti [6]. S obzirom na morfologiju (slika 3.), mikrokapsule se mogu podijeliti na [6, 18, 19]:

- a) jednojezgrene - sadrže PCM jezgru unutar jedne ili više vanjskih ovojnica,
- b) višejezgrene - sadrže više PCM jezgri unutar iste vanjske ovojnice i
- c) matriks kapsule - sadrže homogeno raspoređeni PCM materijal unutar vanjske ovojnice.



Slika 4: Vrste mikrokapsula s obzirom na morfologiju: a- jednojezgrene, b- višejezgrene i c- matriks mikrokapsule [19]

Postupci mikroenkapsuliranja mogu biti fizikalni i mehanički, kemijski i fizikalno-kemijski, a više o postupcima mikroenkapsuliranja dostupno je u literaturi Sarier, N., Onder, E. [6], Sharma, A. et. al. [14] i Jamekhorshid, A. et. al. [20].

Ugradnja PCM mikrokapsula u tekstil može se provesti [6, 7, 19, 21, 22]:

- (a) tijekom ispredanja vlakana
- (b) naslojavanjem na vlakna i tekstilni plošni proizvod te
- (c) tijekom formiranja pjene i laminacije.

PCM mikrokapsule mogu se ugraditi u vlakna tijekom mokrog i suhog postupka ispredanja vlakana iz otopine, postupka ispredanja vlakana iz taline, te postupkom elektroispredanja vlakana [22]. Prilikom proizvodnje vlakana, PCM mikrokapsule dodaju se u polimernu otopinu ili talinu za ispredanje te se vlakno ispreda prema odabranom postupku ispredanja bez potrebe dodatnih modifikacija. Tako ispredeno vlakno postupcima tkanja ili pletenja može se prevesti u željeni plošni proizvod. Prednosti postupka ugradnje PCM mikrokapsula u strukturu vlakna su trajnost ugrađenih mikrokapsula, modifikacija procesa predenja, tkanja, pletenja ili bojenja nije potrebna, i nemaju utjecaja na osnovna svojstva vlakana (boja, mekoća i sl.) [6, 21]. Toplinski kapacitet vlakana ovisi o količini PCM mikrokapsula, a sami uvjeti tijekom ispredanja vlakana mogu oštetiti ljušku mikrokapsula što može uzrokovati stvaranje napuklina i smanjenje termo-mehaničkih svojstava vlakana [6]. Za nanošenje PCM mikrokapsula na površinu vlakana ili tekstilnog materijala potrebno je dobro pripremiti apreturu koja sadrži PCM mikrokapsule, tenzide, disperzijska sredstva, sredstva protiv pjenjenja i mješavinu polimera (vezivno sredstvo i koagulacijsko sredstvo). Pripremljena disperzija PCM mikrokapsula u vodenoj otopini može se nанijeti na tekstil poznatim postupcima naslojavanja i impregnacije [23]. Vezivna sredstva imaju ključnu ulogu u nanošenju mikrokapsula na tekstil, ona određuju kvalitetu, trajnost te mogućnost održavanja i njegе tekstilnih materijala s mikrokapsulama. Vezivna sredstva mogu biti (i) vodotopivi polimeri poput polivilalkohola, karboksimetil celululoze, škroba, alginata i drugih prirodnih guma, (ii) sintetička veziva dobivena iz lateksa poput stiren butadienda i polivinil acetata, (iii) sintetičke smole kao što su urea i melamin

formaldehidne smole, dimetilol etilen urea, dimetilol dihidroksi etilen urea, dimetilol propilen urea i dr., (iv) sintetičke gume poput poliuretana te (v) silikoni [24]. U slučaju velike količine nanesenih PCM mikrokapsula može doći do negativnih promjena svojstava tekstila vezanih uz udobnost kao što su mekoća/krutost, elastičnost i propusnost vlage [23]. Za proizvodnju zaštitne odjeće iz netkanog tekstila pogodna je proizvodnja pjene sa sadržajem PCM mikrokapsula [23]. Ovaj način proizvodnje prvi su opisali *Bryant & Colvin* [25]. Postupak proizvodnje uključuje dodatak PCM mikrokapsula u otopinu tekućeg polimera ili elastomera i miješanje smjese s ciljem jednolične raspodjele mikrokapsula unutar smjese. Uobičajena masena koncentracija PCM mikrokapsula kreće se od 20% do 60%. Potom slijedi stvaranje pjene iz poliuretana ili neoprena odabranom konvencionalnom metodom. Prednosti proizvodnje pjene s ugrađenim PCM mikrokapsulama su: mogućnost ugradnje velike količine mikrokapsula, mogućnost primjene PCM mikrokapsulama različitog kemijskog sastava i jednolična raspodjela unutar pjene. Tako oblikovanu pjenu s PCM mikrokapsulama moguće je ugraditi u tekstilnu strukturu postupkom laminiranja [21, 23]. Također moguće je ugraditi PCM mikrokapsule u tanki polimerni film koji se direktno ugrađuje na unutarnju stranu tekstilnog materijala postupkom laminiranja [23].

#### 4. Primjena PCM materijala termoregulacijskih svojstava

Tekstilije termoregulacijskih svojstava imaju široku primjenu koja uključuje odjeću i obuću, zaštitni tekstil, tehnički i kućanski tekstil [26, 27]. Primjenom u odjeći za sport i slobodno vrijeme, apsorbira se toplina koja se oslobađa pri povećanoj fizičkoj aktivnosti i otpušta tijekom mirovanja. Na taj način održava se suhoća, toplina i udobnost ljudskog tijela [28, 29]. Provedeno je i istraživanje doprinosa PCM materijala u zaštitnoj odjeći za vatrogasce [30]. Rezultati ukazuju da apsorpcija latentne topline smanjuje temperaturu mikroklima i doprinosi udobnosti, ali i zaštiti vatrogasaca. Također ustanovljeno je da se dodatkom materijala s promjenom faze može smanjiti gustoća zaštitnog odjela uz održavanje gotovo istih termičkih svojstava. Primjena tekstila termoregulacijskih svojstava u kućanstvu može doprinijeti ukupnoj termičkoj udobnosti mesta stanovanja. U prvom redu to se odnosi na sjenila i zavjese, a ugradnjom fazno promjenljivih materijala u zavjese može se postići smanjenje gubitka topline oko 30% [21, 31]. Ugradnjom materijala s promjenom faze u podne obloge može se smanjiti razlika između temperature poda i stropa koja može iznositi i do 5°C [21]. U posljednje vrijeme posebno zanimljiva postala primjena PCM-a u građevinarstvu pri čemu se razlikuju pasivni i aktivni sustavi. PCM materijali mogu se direktno ugraditi u zidove ili druge građevinske komponente (npr. pod, strop), a promjenom vanjske temperature iznad ili ispod temperature tališta dolazi do automatske apsorpcije ili otpuštanja topline. Ovaj se sustav naziva pasivnim sustavom pohrane topline. U aktivnim sustavima toplina se pohranjuje i odvojena je od zgrade izolacijom, a oslobađa se prema potrebi, ne automatski [32]. S obzirom da PCM materijali reagiraju s uvjetima mikroklima koji prevladavaju oko ljudskog tijela, imaju veliki potencijal za primjenu u medicini, posebice za liječenje pothlađenosti i u terapiji toplinom [21, 28]. PCM materijali mogu se primjenjivati i pri izradi posebnih spremnika za transport i skladištenje. Ovisno o temperaturnom rasponu u kojem PCM djeluje, mogu se skladištitи osjetljivi materijali poput cjevida, ali i smrznuti proizvodi, hrana, piće i sl. [33].

#### Literatura

- [1] Kos, Ž.: Fazno promjenljivi materijali, *Technical Journal*, **7** (2013) 2, 202-205, ISSN 1846-5588
- [2] Kurajica, S.: Fazno promjenljivi materijali, *Tehnoeko*, **4** (2017), 18-21, ISSN 1334 - 9023
- [3] Fleischer, A.S.: Thermal Energy Storage Using Phase Change Materials, Fundamentals and Application, SpringerBriefs u *Thermal Engineering and Applied Science*, Springer International Publishing, ISBN 978-3-319-20922-7, (2015).
- [4] Hale, D.V., Hoover, M.J., O'Neill, M.J.: *Phase Change Materials Handbook*, NASA CR-61363, Marshall Space Flight Center, Alabama, (1971)
- [5] Humphries, W.R., Griggs, E.I.: *A Design Handbook for Phase Change Thermal Control and Energy Storage Devices*, NASA Technical Paper 1074, NASA, Washington, DC, (1977)
- [6] Sarier, N., Onder, E.: *Organic Phase Change Materials and their Textile Applications: An Overview*, *Thermochimica Acta*, **540** (2012), 7-60, ISSN 0040-6031
- [7] Mondal, S.: *Phase Change Materials for Smart Textiles – An Overview*, *Applied Thermal Engineering*, **28** (2008), 1536 – 1550, ISSN 1359-4311
- [8] Bendkowska, W.: Intelligent Textiles with PCMs, u *Intelligent Textiles and Clothing*, Mattila, H. (Ed.), Woodhead Publishing, ISBN 9781845691622, (2006), 34-62
- [9] McCullough, E.A., Shim, H.: The Use of Phase Change Materials in Outdoor Clothing, u *Intelligent Textiles and Clothing*, Mattila, H. (Ed.), Woodhead Publishing, ISBN 9781845691622, (2006), 63-81
- [10] Angelova, R. A.: *Textiles and human thermophysiological comfort in the indoor environment*, CRC Press, Taylor & Francis Group, ISBN 9781498715393, Boca Raton, Florida, US, (2015)

- [11] Roy Choudhury, A.K., Majmumdar, P.K., Datta, S.: Factors Affecting Comfort: Human Physiology and the role of Clothing, u *Improving comfort in clothing*, Song, G. (Ed.), Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, ISBN 9781845695392, Cambridge, UK, (2011), 3-60
- [12] DiNardo, D.: *Comparative Study of Comfort Properties of Five Different Common Apparel Textiles*, Senior Honors Theses, Paper 260, (2011)
- [13] Legocić, D. i sur.: *Tjelesna aktivnost u toplim uvjetima okoline i toplinska bolest*, Hrvatski športskomedicinski vjesnik, **23** (2008) 2, 98 – 104, ISSN 0354-0766
- [14] Sharma, A. et. al.: *Review on Thermal Energy Storage with Phase Change Materials and Applications*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, **13** (2009), 318-345, ISSN 1364-0321
- [15] Košny, J.: *PCM – Enhanced Building Components, An Application of Phase Change Materials in Building Envelopes and Internal Structures*, Springer International Publishing, ISBN 978-3-319-14286-9 , Switzerland, (2015)
- [16] Wei, L. et. al.: *Fabrication and Morphological Characterization of Microencapsulated Phase Change Materials (MicroPCMs) and Macrocapsules Containing MicroPCMs for Thermal Energy Storage*, Energy, **38** (2012), 249-254, ISSN 0360-5442
- [17] Mehling, H., Cabeza, L.F.: *Heat and Cold Storage with PCM: An up to date Introduction into Basics and Applications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-68557-9, (2008)
- [18] Onder, E., Sarier, N.: *Thermal Regulation Finishes for Textiles, u Functional Finishes for Textiles, Improving Comfort, Performance and Protection*, Paul, R. (Ed.), Woodhead Publishing Series in Textiles, ISBN 9780857098399, (2015), 17-98
- [19] Keyan, K. et. al.: *Microencapsulation of PCMs in Textiles: A Review*, Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, **7** (2012) 3, 1-10, ISSN 1533-0915
- [20] Jamekhorshid, A., Sandrameli, S.M., Farid, M.: *A Review of Microencapsulation Methods of Phase Change Materials (PCMs) as a Thermal Energy Storage (TES) medium*, Renewable and Suitable Energy Reviews, **31** (2014), 531.-542, ISSN 1364-0321
- [21] Bendkowska, W.: *Intelligent Textiles with PCMs*, u *Intelligent Textiles and Clothing*, Mattila, H. (Ed.), Woodhead Publishing, ISBN 9781845691622, (2006), 34–62
- [22] Fangrong, H. *Study on Manufacturing Technology of Phase Change Materials and Smart Thermo-regulated Textiles*, Advanced Materials Research, **821-822** (2013), 130-138.
- [23] Jocic, D.: *Smart Coatings for Comfort in Clothing*, in *Active Coatings for Smart Textiles*, Hu, J. (Ed.), Woodhead Publishing, 2016, 331-350, ISSN 1662-8985
- [24] Boh Podgornik, B., Starešinić, M.: *Microencapsulation Technology and Applications in Added-value Functional Textiles*, Physical Sciences Reviews, **1** (2016) 1, 37-75, ISSN 2365-659X
- [25] Bryant, Y.G., Colvin, D.P.: *Thermally Enhanced Foam Insulation*, US Patent 5 637 389, (1996)
- [26] Pielichowska, K., Pielichowski, K.: *Phase Change Materials for Thermal Energy Storage*, Progress in Material Science, **65** (2014), 67-123, ISSN 0079-6425
- [27] Erkan, G.: *Enhancing The Thermal Properties of Textiles With Phase Change Materials*, Research Journal of Textile and Apparel, **8** (2004) 2, 57-65, ISSN 1560-6074
- [28] Mondal, S.: *Termo-regulating Textiles with Phase-change Materials*, u *Functional Textiles for Improved Performance, Protection and Health*, Sun, G., Pan, N. (Ed.), Elsevier Science, ISBN 9781845697235, (2011), 163-183
- [29] Arjun, D., Hayavadana, J.: *Thermal Energy Storage Materials (PCMs) for Textile Applications*, Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, **8** (2014) 4, 10 p, ISSN 1533-0915
- [30] McCarthy, L.K., di Marzo, M.: *The Application of Phase Change Material in Fire Fighter Protective Clothing*, Fire Technology **48** (2012) 4, 841-864, ISSN 1572-8099
- [31] Pause B.: *Possibilities for Air-conditioning Buildings with Phase Change Material*, Technical Tex. Int., **44** (2001) 1, 38–40
- [32] Socaciu, L.G.: *Thermal Energy Storage with Phase Change Material*, Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, (2012) 20, 75-98, ISSN 1583-1078
- [33] Salgaonkar, C.P.: *Eutectic: Phase Change Material for Food Storage*, MIT College of Engineering, Pune, India, AMET 2016, INPRESSCO IJCET Special Issue-4 (2016), 99-101.

**Autor(i):**

Jelena PERAN, mag. ing. texh. text.; Doc. dr.sc. Sanja ERCEGOVIĆ RAŽIĆ

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb

Tel: +(385) (1) 3712 – 524

Fax: +(385) (1) 3712 – 599

+(385) (1) 3712 – 523

E-mail: [jperan@ttf.hr](mailto:jperan@ttf.hr)  
[sanja.ercegovic@ttf.hr](mailto:sanja.ercegovic@ttf.hr)

# TEMELJNA FIZIKALNO-MEHANIČKA SVOJSTVA PRSTENASTE, ROTORSKE I AERODINAMIČKE PREĐE IZ VISKOZNIH VLAKANA

## BASIC PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF RING ROTOR AND AIR-JET SPUN YARNS FROM VISCOSE FIBERS

Zenun SKENDERI; Dragana KOPITAR & Tomislav ČOLAKOVIĆ

**Sažetak:** Ispitane su viskozne predene prstenaste, rotorske i aerodinamičke pređe nazine finoce 20 tex namijenjene za izradu pletiva. Najveću vrijednost prekidne sile i čvrstoće ima prstenasta pređa, slijedi aerodinamička pređa, dok rotorska pređa je relativno najslabija. Najveće prekidno istezanje ima također prstenasta pređa. Jednoličnost mase pređe je izraženija kod prstenaste pređe, dok su jednoličnosti rotorske i aerodinamičke veće i međusobno su na gotovo jednakoj nižoj razini. Veći broj tankih i debelih mesta pokazuju rotorska i aerodinamička pređa, dok je dlakavost pređe manja kod rotorske i aerodinamičke pređe. Uređenost vlakana u pređi je glavni parametar koji definira temeljna fizikalno mehanička svojstva predenih pređa.

**Abstract:** Ring, rotor and air-jet yarns spun from viscose fibers of nominal count 20 tex designed to the production of knitted fabrics were investigated. The highest breaking force and breaking tenacity has ring spun yarn, follows air-jet yarn, whereas rotor yarn is relatively weakest. The highest value of breaking extension has ring yarn. Evenness of ring yarn is more pronounced, whereas evenness of rotor and air-jet yarn are almost equal at the lower level. The higher number of thin and thick places have rotor and air-jet yarns, whereas the hairiness of rotor and air-jet yarns is lower. Arrangement of fibers into the yarn is the main parameter which defines the basic physical-mechanical properties of spun yarns.

**Ključne riječi:** pređa, prstenasta, rotorska, aerodinamička, svojstva, fizikalno-mehanička

**Keywords:** yarn, ring, rotor, air-jet, properties, physical-mechanical

### 1. Uvod

Prstenasta, rotorska i aerodinamička pređa ispredena iz istih vrsta vlakana međusobno se razlikuju po strukturi. Razlike nastaju zbog različite tehnološke pripreme vlakana i pripreme za predenje te zbog drugačijeg oblikovanja pređe na stroju za predenje-predilici. Faze priprema vlakana i grebenanje za sve navedene pređe su u načelu jednakе [1]. Zadaća ovih faza je postupno otvaranje snopića vlakana oduzetih iz bala vlakana do pojedinačnih vlakana, izravnavanje i paralelizacija vlakana i oblikovanje pramena [2]. Za izradu grebenane prstenaste pređe iz viskoznih vlakana, nakon grebenanja slijede faze istezanja, predpredenja, prstenastog predenja, prematanja i čišćenja pređe [3]. U ovom postupku ne postoji prekid snopa vlakana, već se broj vlakana u pramenu, u kojem može biti nekoliko desetaka tisuća vlakana, istezanjem postupno smanjuje na oko stotinu vlakana u poprečnom presjeku pređe. Kod izrade rotorske pređe nakon grebenanja slijedi faza istezanja, gdje se vlakna dalje izravnavaaju, paraleliziraju i mješaju. Iz istegnutog pramena se na rotorskoj predilici završno proizvodi pređa. U procesu završnog oblikovanja rotorske pređe iz pramena se izvlače pojedinačna vlakna i pojedinačno odvode u rotor. U rotoru se udružuju i uvijaju oblikujući rotorskou pređu. Kako ovdje snop vlakana praktički prestaje postojati, već se „manipulira“ pojedinačnim vlaknima, nije moguće zadržati vlakna dovoljno izravnata i uzdužno usmjerena. Time se dobiva struktura nedovoljno izravnatih i usmjerjenih vlakana, što rotorskou pređu čini slabijom od prstenaste. Aerodinamička pređa koja se proizvodi na Rieterovim strojevima J20 nastaje strujom zraka koji na izlazu s apnica (prije ulaza u prelačku jedinicu) dostiže broj okretaja od 1.000.000 o/min [4]. Ova struja zraka obavlja 15-30 % vlakana oko jezgre neuvijenih ostalih vlakana rotirajući s preko 300.000 o/min. Na taj način se postiže dobra kohezija među vlaknima stvarajući gotovo u cijelosti obavijenu pređu koja sliči prstenastoj pređi. Jedan broj autora bavio se svojstvima prstenaste i rotorske pređe izrađenih iz različitih sirovina [5], odnosno svojstvima aerodinamičke pređe u usporedbi sa prstenastom odnosno rotorskom pređom [6,7]. Cilj ovog rada je istražiti i usporediti svojstva viskozne aerodinamičke pređe proizvedena na Rieterovoj predilici J20 i usporediti ih sa svojstvima viskozne prstenaste pređe proizvedene na Zinserovoj predilici Zinser 351 odnosno viskozne rotorske predilice R40.

### 2. Eksperimentalni dio

Iz vlasastih viskoznih vlakana tt. Lenzing ispredene su 3 vrste predenih pređa - prstenasta, rotorska i aerodinamička pređa jednake finoce 20 tex (Nm 50) namijenjene za izradu pletiva. Prstenasta pređa ispredena

je na predilici Zinser 351, rotorska na Rieterovoj predilici R40 dok je aerodinamička predilica ispredena na Rieterovoj predilici J20. Finoća viskoznih vlakana je 1,15 dtex, a srednja dužina vlakana 36 mm. Ispitana su osnovna fizikalno-mehanička svojstva pređa: finoća, uvojitoš, rastezna svojstva, nejednoličnost i dlakavost, te je provedena usporedba navedenih parametara kvalitete. Za ispitivanje i usporedbu od svake vrste pređe uzeto je po 10 namotaka, i to: križni namotci prstenaste pređe sa stroja za prematanje i čišćenje pređe, križni namotci sa rotorske predilice te križni namotci sa aerodinamičke predilice. Eksperimentalni dio kao i dio rezultata ovog rada su iz završnog rada izrađenog na Tekstilno-tehnološkom fakultetu [8].

## 2.1. Metode ispitivanja pređa

Finoća pređe određena je metodom vitice dužine 100 m [9]. Izvršeno je po jedno mjerjenje sa svakog namotka. Ovakovo određivanje finoće uobičajeno je u predionicama. Uvojitoš pređe određena je naponskom metodom, tj. metodom odvijanja i uvijanja na dužini epruvete od 500 mm [10]. Uvojitoš rotorske i aerodinamičke pređe nije određena mjerjenjem na torziometru zbog specifičnih struktura ovih pređa. Uvijenost rotorske pređe očitana je na stroju, a određena je omjerom broja okretaja rotora i brzine namatanja pređe. Zbog složenijeg načina oblikovanja aerodinamičke pređe, time i njezine specifične strukture, uvijenost aerodinamičke pređe također je određena očitanjem na stroju. Rastezna svojstva su određena na dinamometru Uster Tensorapid 4, metodom pojedinačnog mjerjenja prekidne sile i prekidnog istezanja [11]. Brzina kidanja je bila 5000 mm/min a dužina epruvete od 500 mm. Izvršeno je po 25 mjerjenja sa svakog namotka ispitivanih pređa. Nejednoličnost, greške na pređi i dlakavost pređe određeni su na uređaju Uster tester 4S, brzine ispitivanja 400 m/min, prema normi ISO 16549:2004 (Textiles -- Unevenness of textile strands -- Capacitance method) [12].

## 3. rezultati i rasprava

Rezultati ispitivanja finoće pređa pokazuju da su iste u granicama od 19,7 do 20,1 tex (tab. 1). Srednja vrijednost finoće prstenaste pređe iznosi 19,7 tex., rotorske iznosi 20,0 tex i aerodinamičke pređe 20,1 tex. Koeficijenti varijacija finoće između namotaka za pojedine pređe su oko 1 % (od 0,6 % do 1,3 %). Temeljem navedenog može se zaključiti da je odstupanje finoće među namotcima jedne vrste pređe malo te da pojedine pređe vrlo malo odstupaju od nazivne finoće.

Tablica 1: Finoća pređa

Broj namotaka	Prstenasta pređa		Aerodinamička pređa
	tex	tex	tex
1	19,7	20,0	20,1
2	19,8	19,5	19,9
3	19,8	20,2	20,2
4	19,4	19,9	20,2
5	19,8	20,0	20,0
6	19,6	19,9	20,0
7	19,5	19,9	20,1
8	19,7	19,8	20,2
9	19,8	20,2	20,1
10	19,7	20,4	20,3
Srednja vrijednost	19,7	20,0	20,1
CV, %	0,71	1,24	0,60

Uvojitoš pređe pokazuje njezinu namjenu. Sve pređe su namijenjene za izradu pletiva te je i koeficijent uvijanja tako odabran. Rotorska pređa ima nešto veći koeficijent uvijanja ( $3408 \text{ m}^{-1} \times \text{tex}^{1/2}$ ) od prstenaste ( $3265 \text{ m}^{-1} \times \text{tex}^{1/2}$ ), jer rotorska pređa u svojoj strukturi ima relativno neizravnata i uzdužno neusmjerena vlakna (tab. 2). Uvojitoš aerodinamičke pređe nije određena na torziometru već se kod izvještaja o uvojitoši navodi tlak zraka u prelačkoj jedinici i izlazna brzina, a temeljem uputa proizvođača strojeva.

**Tablica 2:** Uvojitoš pređa

Broj namotaka	Broj uvoja n/m		
	Prstenasta	Rotorska	Aerodinamička
Srednja vrijednost u/m	720,6	762	Tlak zraka u prelačkoj jedinici = 0,6 MPa, izlazna brzina pređe 350 m/min
CV, %	4,67	-	-

Najveću vrijednost prekidne sile ima prstenasta pređa (355,0 cN, sl. 1a, tab. 3), dok najmanju ima rotorska pređa (264,3 cN, sl. 1b). Aerodinamička pređa ima vrijednost prekidne sile 309,2 cN (sl. 1c), i nalazi se po vrijednosti između prstenaste i rotorske pređe, tab. 4 i 5). Kako su finoće vrlo ujednačene, posljedično tome i vrijednosti čvrstoće pređa su poredane redoslijedu kao i kod prekidne sile, najveća čvrstoća prstenaste pređe (17,75 cN/tex), aerodinamičke (15,46 cN/tex) te rotorske (13,21 cN/tex). Prekidno istezanje pređa kreće se u granicama od 9,60 % do 13,04 % i prati prekidnu silu odnosno čvrstoću pređa. Kako je rad do prekida produkt prekidne sile i istezanja, najbolje ponašanje u smislu rada ima prstenasta pređa (14,80 N×cm), zatim aerodinamička (11,54 N×cm) te na kraju rotorska (8,65 N×cm).

**Tablica 3:** Rastezna svojstva prstenaste pređe

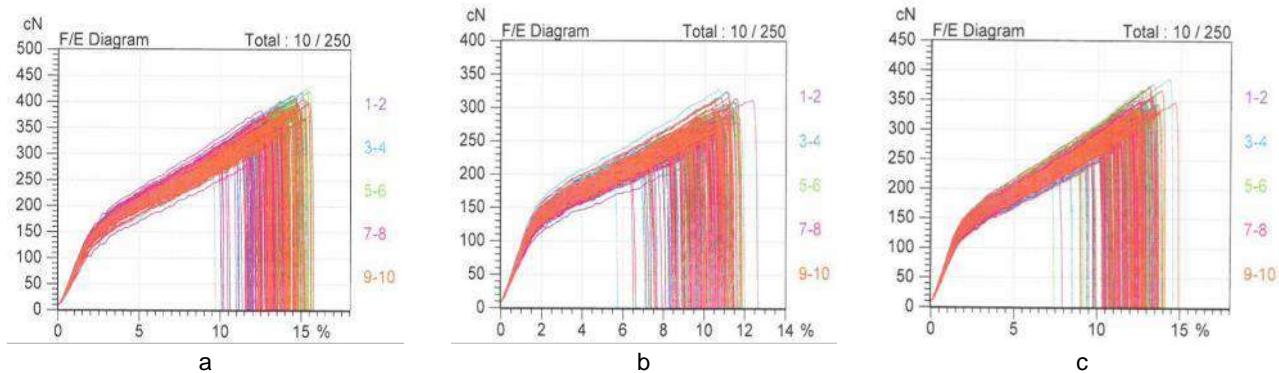
Broj namotka	Vrijeme do prekida, s	Prekidna sila, cN	Prekidno istezanje, %	Čvrstoća, cN/tex	Rad do prekida, N ×·cm
1/25	0,73	333,0	12,08	16,55	13,02
2/25	0,75	350,1	12,52	17,51	14,19
3/25	0,82	373,5	13,69	18,67	16,26
4/25	0,73	339,4	12,06	16,97	13,40
5/25	0,83	378,8	13,85	18,94	16,52
6/25	0,85	366,0	14,06	18,30	16,09
7/25	0,73	344,8	12,12	17,24	13,59
8/25	0,76	343,0	12,67	17,15	13,94
9/25	0,81	351,1	13,43	17,55	14,90
10/25	0,84	369,9	13,90	18,50	16,09
Srednja vrijednost	0,78	355,0	13,04	17,75	14,80
CV %	9,2	8,0	9,2	8,0	14,9

**Tablica 4:** Rastezna svojstva rotorske pređe

Broj namotka	Vrijeme do prekida, s	Prekidna sila, cN	Prekidno istezanje, %	Čvrstoća, cN/tex	Rad do prekida, N ×·cm
1/25	0,57	257,8	9,53	12,89	8,38
2/25	0,58	266,1	9,72	13,31	8,78
3/25	0,55	260,3	9,08	13,02	8,18
4/25	0,58	259,3	9,63	12,96	8,52
5/25	0,59	276,0	9,85	13,80	9,26
6/25	0,58	262,4	9,64	13,12	8,63
7/25	0,58	264,7	9,56	13,24	8,62
8/25	0,57	252,9	9,40	12,64	8,08
9/25	0,62	274,2	10,30	13,71	9,43
10/25	0,56	268,9	9,30	13,54	8,60
Srednja vrijednost	0,58	264,3	9,60	13,21	8,65
CV %	12,4	9,0	12,4	9,0	18,4

**Tablica 5:** Rastezna svojstva aerodinamičke pređe

Broj namotka	Vrijeme do prekida, s	Prekidna sila, cN	Prekidno istezanje, %	Čvrstoća, cN/tex	Rad do prekida, N × cm
1/25	0,69	308,0	11,39	15,40	11,29
2/25	0,67	308,2	11,21	15,41	11,27
3/25	0,71	310,4	11,72	15,52	11,74
4/25	0,72	308,9	11,90	15,44	11,75
5/25	0,65	300,7	10,88	15,04	10,72
6/25	0,70	313,1	11,71	15,65	11,84
7/25	0,69	301,0	11,41	15,05	11,06
8/25	0,71	312,0	11,75	15,60	11,75
9/25	0,74	322,1	12,33	16,10	12,65
10/25	0,68	307,1	11,29	15,35	11,29
Srednja vrijednost	0,70	309,2	11,56	15,46	11,54
CV %	10,9	9,2	10,9	9,2	17,3



**Slika 1:** Dijagram sila - istezanje pređe; a) prstenasta, b) rotorska, c) aerodinamička pređe

Nejednoličnost pređe najmanja je kod prstenaste pređe (10,27 %, tab. 6) iz razloga uređenosti vlakana u strukturi pređe, dok je veća kod rotorskog i aerodinamičkog pređe (13,75 % odn. 13,97 %). Broj tankih i debelih mesta kod osjetljivosti od -50 % odn. +50 %, izrazito je manji kod prstenaste pređe (0 odn. 5) u odnosu na ostale pređe. Najveći broj debelih mesta ima aerodinamička pređe (28,8), dok je broj čvorića najmanji kod aerodinamičke pređe (9,0/1,0), što je posljedica dobrog obavijanja vlakana jezgre vlakana u strukturi pređe. Najmanja dlakovost je kod rotorskog pređe (3,75) i nešto malo veća je kod aerodinamičke pređe (3,99), dok je najveća kod prstenaste pređe (5,39).

**Tablica 6:** Nejednoličnost pređa, greške na pređi i dlakovost

Svojstva pređe	Prstenasta	Rotorska	Aerodinamička
CVm, %	10,27	13,75	13,97
CV, %	2,3	1,1	1,3
Ntm/km (-50%)	0,0	6	12,3
CV	0,0	63,6	35,3
Ndm/km (+50%)	5	26	28,8
CV, 0	85	34,6	45,1
Nč/km (+200%/280%)	23/5	87/4	9,0/1,0
CV, %	6,8/2,7	31,0/107,5	69,5/174,8
H	5,39	3,75	3,99
CV	3,6	1,7	2,9

CVm-ukupna nejednoličnost, Ntm/km, Ndm, Nč-broj tankih i debelih mesta te čvorića na 1 km, H-dlavavost pređe, CV-koeficijent varijacije određenog svojstva

## 4. Zaključci

Temeljem rezultata ispitivanja pređa, mogu se donijeti slijedeći zaključci:

- sve pređe su u pogledu finoće vrlo ujednačene i vrlo malo odstupaju od nazivne finoće od 20 tex.
- najveću vrijednost prekidne sile i čvrstoće ima prstenasta pređa, slijedi aerodinamička, dok rotorska pređa ima najmanju.
- prekidno istezanje pređa kreće se u granicama od 9,60 % do 13,04 %.
- najveći rad do prekida ima prstenasta pređa a najmanji rotorska.
- najveću jednoličnost pokazuje prstenasta pređa, dok su jednoličnosti rotorske i aerodinamičke veće i međusobno su na gotovo jednakoj višoj razini.
- broj debelih i tankih mesta je najmanji kod prstenaste pređe.
- manju dlakavost pokazuju rotorska i aerodinamika pređa od prstenaste pređe.

## Literatura

- [1] Klein, W.: *The Technology of Short Staple Spinning*, Manual of Textile Technology, The Textile Institute, ISBN 0-900739-91-6 (1997)
- [2] Klein W.: *A Practical Guide to the Blowroom and Carding*, Manual of Textile Technology, The textile Institute, ISBN 0-900739-91-6, (1999)
- [3] W. Klein: *A Practical Guide to Ring Spinning*, Manual of Textile Technology, The Textile Institute, ISBN 0-900739-91-6, (1998)
- [4] Stalder H.: *Alternative Spinning Systems*, Rieter, ISBN 10-3-9523173-6-5 i ISBN 13 978-3-9523173-6-5, (2016)
- [5] Erdumlu N. et al.: Investigation of Vortex Spun Yarn Properties in Comparison with Conventional Ring and Open-end Rotor Spun Yarns, *Textile Research Journal*, Vol. 79 (2009) 7, str. 585-595, ISSN 0040-5175
- [6] Soe AK, Takahashi M, Nakajima M, et al. Structure and properties of MVS Yarns in comparison with ring yarns and open-end rotor spun yarns. *Textile Research Journal*, Vol. 74 (2004) 74, str. 819–826, ISSN 0040-5175
- [7] Eldessouki M., Sayed Ibrahim S. & Farag R.: Dynamic properties of air-jet yarns compared to rotor spinning, *Textile Research Journal*, Vol. 85 (2015) 17, str. 1827-1837, ISSN 0040-5175
- [8] Čolaković T.: Završni rad, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 15. 09.2016.
- [9] ISO 2060:1994. Textiles - Yarn from package - Determination of linear density (mass per unit length) by skein method
- [10] ISO 2061:2015. Textiles – Determination of twist in yarns – Direct counting method
- [11] ISO 2062:2009 Textiles – Yarn from packages – Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension (CRE) tester
- [12] ISO 16549: 2004 Textile – Unevenness of textile strands – Capacitance method

## Zahvala

Iskreno zahvaljujemo tt. PREDIONICA KLANJEC d.o.o., što nam je omogućila izradu uzorka pređa i provedbu dijela ispitivanja za potrebe realizacije završnog rada na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu.

### Autor(i):

Prof. dr. sc. Zenun SKENDERI:

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet:  
Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb

Tel: +(385) (1) 3712 577

Fax: +(385) (1) 3712 599

E-mail: zenun.skenderi@ttf.hr

Doc. dr. sc. Dragana KOPITARI:

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet:  
Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb

Tel: +(385) (1) 3712 574

Fax: +(385) (1) 3712 599

E-mail: dragana.kopitar@ttf.hr

Tomislav ČOLAKOVIĆ, univ. bacc. ing. techn. text.

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb

## DIZAJN I PROIZVODNJA MODNE OBUĆE NA GLOBALNOJ RAZINI - OD IDEJE DO GOTOVOG PROIZVODA

### DESIGN AND PRODUCTION OF FASHION FOOTWEAR AT A GLOBAL LEVEL – FROM IDEA TO FINISHED PRODUCT

Slavenka PETRAK; Nataša SEKULIĆ & Marina OREŠKOVIĆ FUMIĆ

**Sažetak:** U radu je opisan koncept dizajna i proizvodnje modne obuće nižeg cijenovnog ranga, koji je u današnje vrijeme prisutan na globalnoj razini. Velik broj proizvođača obuće diljem svijeta u matičnim tvrtkama zadržava dizajn novih modela obuće, dok se izrada probnih uzoraka i serijska proizvodnja odvijaju uglavnom u Kini. Cilj takvog koncepta proizvodnje modne obuće je što brže odgovoriti potrebama pojedinih segmenta tržišta te zadovoljiti modne kriterije s aspekta atraktivnosti i aktualnosti dizajna, međutim uz nižu razinu kvalitete proizvoda. Opisane su metode koje se primjenjuju u dizajnu novih modela te postupci odabira i pripreme crteža kao dijela proizvodne dokumentacije. Objašnjen je koncept proizvodnje probnih uzoraka i način ugovaranja kolekcija s naručiteljima.

**Abstract:** This paper describes the design concept and production of fashion footwear with lower price range, which is today present globally. A large number of footwear manufacturers around the world in the parent companies retain the design of new models of shoes, while the production of test samples and mass production takes place mainly in China. The aim of this concept is the production of fashion footwear as a quick respond to the needs of individual market segments and satisfying the fashion criteria in terms of attractiveness and topicality of design, but with a lower level of product quality. Described methods are applying in the design of new models, including the selection procedure and preparation of drawings as part of the manufacturing documents. The concept of the production of test samples is explained as well as the method of signing collection contract with clients.

**Ključne riječi:** modna obuća, dizajn, priprema za proizvodnju

**Keywords:** fashion footwear, design, China, prepares for production

#### 1. Uvod

Proizvodnja obuće u posljednjih desetak godina najvećim dijelom se realizira u Kini. Oko 80% svjetske proizvodnje smješteno je Kini [1]. Cjelokupan proces proizvodnje odvija se uz primjenu najmodernijih proizvodnih sustava obućarske industrije te specijalizirane računalne opreme, kako bi se smanjio udio skupog ljudskog rada u proizvodnji obuće i uvele strategije brzog odziva QR (engl. Quick Response), upravo na vrijeme JIT (engl. Just In Time) te sposobnost pravovremenog cjevitog razvoja, proizvodnje i plasmana proizvoda na tržiste TTM (Time To Market). Primjena navedenih strategija odnosi se na proizvodnju Prêt-à-porter ili Ready to wear obuće, što znači serijski proizvedene obuće spremne za nošenje, proizvodnja koje je ekonomična i profitabilna, za razliku od Haute couture ili obuće visoke mode [2]. U skladu s intencijom smanjenja ukupnih troškova kod serijske proizvodnje obuće, primjenjuju se standardizirani obrasci i modeli proizvodnje, industrijska oprema te tehničke koje omogućuju brzu realizaciju konstrukcijskih rješenja pri razvoju novih kolekcija obuće. Prezentacija novih kolekcija obuće uglavnom se odvija na modnim događanjima kao što je Fashion Week, koji uvijek prethode sezoni koja dolazi. Serijskom proizvodnjom obuće u Kini se bavi oko sto tisuća što manjih što većih proizvođača obuće. To su uglavnom tzv. „trading company“, što znači trgovачka društva koja su posrednici između proizvođača i kupaca [3]. Takve tvrtke 90% svoje prodaje baziraju na suradnji s internetskim portalima. Tvrte prodaju obuću, ali pružaju i usluge dizajniranja, proizvodnje i kontrole kvalitete. U svom poslovanju surađuju u projektu s dvadeset do trideset tvornica koje im isporučuju obuću prema njihovim dizajniranim modelima ili prema zahtjevima kupca [4]. Razvojni proces samog modela odvija se po principu od ideje do gotovog proizvoda.

#### 2. Dizajn novih modela obuće

Razvoj novog modela obuće podrazumijeva cjevoviti proces od početne ideje, preko razrade dizajna do realizacije gotovog proizvoda, kroz sve faze tehnoloških procesa proizvodnje. U tom smislu, u razvoj novih modela uključen je veći broj stručnjaka koji sačinjavaju razvojni tim u tvrtki. Modeli se uvijek izrađuju jednu

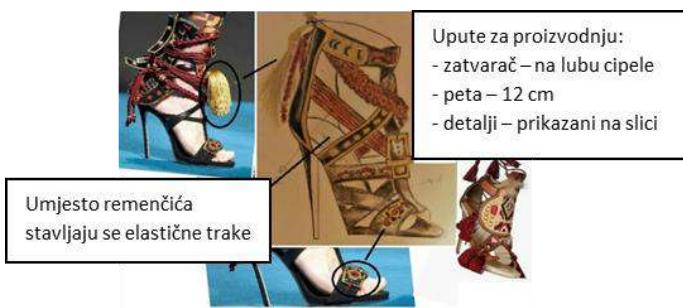
sezonom unaprijed, tako da dizajneri uglavnom na temelju prošlih sezona pokušavaju naslutiti i prikupiti informacije što će se nositi sljedeće sezone, sl. 1. Na osnovu prikupljenih informacija određuju koncept kolekcije koja će se raditi za sljedeću sezonu. Razrađuje se detaljan plan u kojem se definiraju vrste konstrukcija, tip obuće i detalji koji će se koristiti kroz cijelu kolekciju. Zatim dizajneri traže inspiracije iz raznih modnih kolekcija poznatih i manje poznatih dizajnera, te na temelju razrađenog plana i inspiracije koju su odabrali pristupaju dizajniranju novih modela obuće, sl. 2.



a.



b.



Umjesto remenčića stavljuju se elastične trake

Upute za proizvodnju:  
 - zatvarač – na lubu cipele  
 - peta – 12 cm  
 - detalji – prikazani na slici

**Slika 1:** a. Kolaž inspiracija kao polazište za dizajn novog modela: b. Novi model nacrtan ručnom tehnikom olovke i boja

**Slika 2:** Kolaž novog modela sa detaljnim uputama za proizvodnju

## 2.1. Praćenje modnih trendova - Fashion week, street style i pret-a-porter

Kontinuirano i aktivno praćenje modnih trendova najzahtjevniji je dio posla svakog dizajnera obuće. U današnje vrijeme modne trendove u velikoj mjeri diktiraju društvene mreže i internetski portalni, zbog čega je vrlo bitno da dizajner ili osoba koja je zadužena za praćenje modnih trendova svakodnevno istražuje i promatra događaje na modnoj sceni. Prate se modni autoriteti, traže novi mladi i manje poznati dizajneri sa novim idejama, modni blogeri, poznate ličnosti, internet stranice modnih časopisa i svaki izvor gdje se može naći nova ideja i najnovija informacija iz svijeta mode. Događanja kao što je Fashion week i pret-a-porter kolekcije predstavljaju se dva puta godišnje, kao sezone proljeće-ljeto i jesen-zima, sl. 3. U modnom svijetu četiri su modne prijestolnice, tzv. „Big four“: London, Pariz, New York i Milano, sl. 4. Za vrijeme pojedinog fashion week-a ulice modnih prijestolnica postaju modne piste na kojima se predstavlja street style, odnosno ulična moda. Street style je najbolji pokazatelj što će se nositi od nadolazećih trendova. Kao inspiracija za nove modele najviše se koristi street style, kao i trendovi koje prate poznate i slavne osobe iz svijeta show business-a.



**Slika 3 :** Fashion week London, proljeće/ljeto 2017.



**Slika 4:** Fashion week Milano, revija D&G proljeće/ljeto 2017.

## 2.1. Metode dizajniranja novih modela obuće i metode rada

Dizajniranje novih modela obuće može se realizirati primjenom metode ručnog crtanja, konvencionalnim likovnim tehnikama. Suvremenija metoda podrazumijeva primjenu CAD sustava (engl. Computer Aided Design) i specijaliziranih programa namijenjenih računalnom dizajnu obuće. Primjena pojedine metode u realnim uvjetima poslovanja ovisi o mogućnostima i potrebama pojedinog proizvođača obuće te o stručnoj sposobljenosti kadrova. Neovisno o odabiru metode, u konačnici je potrebno ostvariti realističan i detaljan prikaz novog modela obuće. U tvrtkama su često zastupljene obje metode u procesu dizajna novih modela, pri čemu pojedini dizajner odabire metodu u skladu sa svojim preferencijama i stručnom sposobljenosti. Svaki dizajner pri tom dobije konstrukciju kalupa, detalje kao što su na primjer različiti ukrsi i definiran tip obuće za koji treba razraditi dizajn novih modela. Ručno crtanje modela može se realizirati u raznim tehnikama. Crtanje

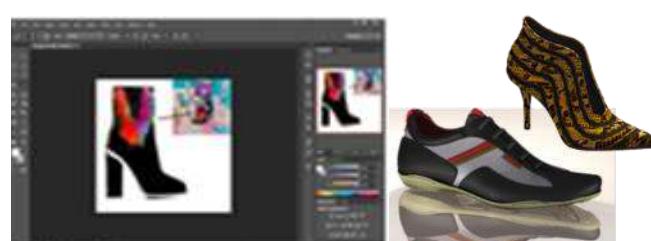
olovkom početna je faza svakog novog modela. Neki dizajneri započinju rad s grubim skicama koje kasnije razrađuju do najsjitnjeg detalja te naposljetku dodaju boje i sjenčanje kao bi novi model dobio realistični izgled. Apstraktni crteži manje su zastupljeni kada se radi o ovakvom načinu dizajniranja, jer se takvi crteži moraju dodatno razraditi prije slanja u samu proizvodnju. Crtež novog modela mora što jasnije prikazivati izgleda modela kakav se želi realizirati u proizvodnji, sl. 5a, kako bi se kao takav mogao poslati u tvornicu u kojoj se izrađuje probni uzorak modela, sl. 5b. U postupku računalnog dizajna novih modela obuće, često se u praksi primjenjuju grafički računalni programi opće namjene kao što su Illustrator i Photoshop, sl. 6a. Primjenom navedenih programa dizajneri mogu dizajnirati nove modele na različite načine; na temelju skica i gotovih crteža te dodatno obraditi slike. Primjena navedenih programa omogućuje postizanje realističnog dvodimenzionalnog prikaza modela obuće uz primjenu širokog spektra boja iz paleta, pri čemu se boje odabiru u skladu s prethodno izrađenim detaljnijim planom kolekcije. Detalji na modelu mogu se prikazati dosta realistično, što doprinosi uspješnijoj realizaciji modela u proizvodnji. Ako je neki detalj preuzet iz prethodnih modela, uz novi model prilaže se slika tog starijeg modela. Također, novi modeli mogu biti spoj nekoliko prethodnih modela, tako da se sa svakog modela uz dio koji želimo ugraditi u novi model prilaže crtež starijeg modela. Ipak, najbolje mogućnosti pri dizajniranju novih modela obuće postižu se primjenom sofisticiranih profesionalnih CAD programa namijenjenih 2D/3D dizajnu i razvoju prototipova modela obuće, kao što je na primjer Shoemaster Creative, sl. 6b. Primjena takvih programa omogućuje da se cijeloviti razvojni proces koji uključuje dizajn i konstrukciju svih dijelova obuće realizira računalno te da se u konačnici novi model obuće vizualizira kao vrlo precizno oblikovan 3D prototip modela, s prikazom svih detalja na modelu [5]. Primjenom ovakvih CAD sustava od strane visokoobrazovanih stručnjaka moguće je razviti novi model obuće u potpunosti računalno, tako da se broj probnih uzoraka uglavnom smanjuje na jedan, a u nekim slučajevima uzorak nije niti potrebno izraditi.



a.



b.



a.



b.

**Slika 5:** a. Ručno realizirani crtež novog modela obuće, b. Model izrađen na temelju crteža

**Slika 6:** a. Uređivanje novog modela u programu Photoshop, b. 3D prototipovi modela obuće - Shoemaster Creative

### 3. Priprema crteža za proizvodnju, odabir materijala i proizvodnja uzorka obuće

Dizajneri i osobe zadužene za komunikaciju s klijentima biraju modele obuće koji će se poslati u proizvodnju. Crteži i skice novih modela pregledavaju se i biraju se oni koji najbolje odgovaraju zadanim kriterijima pri izradi novih modela. Pri odabiru novih modela detaljno se pregledava svaki crtež uzimajući u obzir zahtjevnost izvedbe kalupa, pojedinih detalja i konačni izgled samog novog modela. Izabrani modeli razrađuju se do najsjitnijih detalja, kako prilikom proizvodnje ne bi došlo do pogrešaka. Za svaki dio novog modela prilaže se slika gotovog modela kako bi se što vjernije prikazalo na što se točno mislilo prilikom dizajniranja novog modela, sl 7. Crteži koji su odabrani i dorađeni šalju se sa popratnim opisima i objašnjenjima u tvornice u kojima se izrađuju novi modeli.



a.



b.

**Slika 7:** Priprema crteža novih modela za proizvodnju: a. Kolaž novog modela realiziran primjenom programa Photoshop, b. Kolaž novog modela nacrtan ručnom tehnikom pomoću olovke i boja, slike inspiracije i upute za proizvodnju.

Većina materijala i modnih dodataka za proizvodnju obuće u Kini se nabavlja se u velikim, specijaliziranim prodavaonicama materijala za obuću. Oko 90% svih potrebnim detalja, materijala i modnih dodataka može se kupiti u tim specijaliziranim prodavaonicama, a jedino se tekstilni materijali nabavljaju na sajmu tekstila koji je najveći u Kini. Pri odabiru materijala uglavnom se biraju umjetni materijali, sl. 8.



**Slika 8:** Paleta umjetnih materijala za proizvodnju obuće: a. Paleta umjetnih koža, b. Paleta umjetnih velura, c. Paleta zmijskih umjetnih materijala, d. Paleta glitter materijala

Za izradu novog modela obuće potrebno je mjesec dana. Pri izradi novog modela veliku ulogu imaju kontrolori kvalitete. Neke tvornice u Kini imaju svoje kontrolore kvalitete, dok u druge tvrtke naručitelji šalju svoje timove kontrolora kvalitete. Njihova uloga je ispitati kvalitetu naručenog uzorka prije isporuke uzoraka tvrtki koja ih je naručila. Kada uzorci stignu u tvrtku koja ih je naručila, izlažu se u salon uzoraka gdje ih potencijalni kupci dolaze birati ili se šalju putem elektronske pošte kao tjedne novosti svim kupcima s kojima tvrtka surađuje ili ima trenutne pregovore oko sklapanja poslova. U salonu uzoraka nalazi se veliki broj modela koji pristižu svaki tjedan, sl. 9. S obzirom da se u prikazanoj proizvodnji obuće uglavnom koriste umjetni materijali, dizajneri prilikom dizajna i razvoja novog modela trebaju i o tome voditi brigu, jer se prirodni i umjetni materijali na finalnom proizvodnu ne ponašaju jednako. Zbog niske kvalitete umjetnih materijala koji se koriste u proizvodnji, dizajneri najviše posvećuju pozornost estetskom izgledu novog modela. Krajnji cilj svake tvrtke koja se bavi prodajom takve obuće je što veća prodaja, odnosno što veći broj kupaca. Moderan dizajn i dobra pretpostavka tima dizajnera o trendovima koji će biti aktualni slijedeće sezone ključ su uspjeha, s obzirom na veliku konkureniju Kineskog tržišta. Karakteristika tog tržišta je da se novi modeli realiziraju ne samo za nadolazeću sezonu, već na tjednoj bazi. Pri tome je zbog stalne promjene trendova potreban konstantan rad i zalaganje cijelokupnog dizajnerskog tima tvrtke.



**Slika 9:** Salon uzoraka u tvrtki gdje dolaze kupci i naručitelji birati nove modele

#### 4. Zaključak

U radu je prikazan koncept proizvodnje modne obuće nižeg cijenovnog ranga i kvalitete, koji se danas odvija na globalnoj razini i pri čemu se za velik broj naručitelja proizvodnja obuće odvija u Kini. Svjetska modna industrija je bila primorana zbog masovne produkcije, brzine izrade i brzih promjena trendova preseleti svoju proizvodnju u Kinu kako bi bila konkurentnija i profitabilnija na globalnom tržištu, međutim kvaliteta tako proizvedene obuće postala je niža. Međutim, s obzirom na vrlo česte promjene modnih trendova i nižu kupovnu moć pojedinih tržišnih segmenata, za određene tvrtke takva kvaliteta proizvoda je postala prihvatljiva. Dizajn, priprema i proizvodnja ovakve modne obuće zahtjevan je proces koji podrazumijeva svakodnevno istraživanje i praćenje modnih događaja, društvenih mreža, internetskih portala i životnih stilova i navika poznatih osoba koji nerijetko određuju stil i dizajn novih modela.

#### Literatura

- [1] URL: Poslovni dnevnik, *Dostupan na: <http://www.poslovni.hr/tehnologija/roboti-vracaju-made-in-germany-na-adidas-tenisice-297332>*, Pristupljeno: 2016-12-16

- [2] Alvarez, J.L.; Mazza, C.: Haute couture or pret-a-porter: Creating and diffusing management practices through the popular press, *IESE University of Navarra, research paper N° 368*, July, 1998, Barcelona – Spain
- [3] IBISWorld Pty Ltd.: Global Footwear Manufacturing: C1321-GL, *Santa Monica, Calif.*: *IBISWorld*, ©2010., IBISWorld industry report
- [4] URL: <http://www.shoesbystylish.com/>, Pristupljeno: 2016-12-10
- [5] URL: Shoemaster, *Dostupan na* <http://www.shoemaster.co.uk/>, *Pristupljeno:* 2016-12-19

**Autori:**

Izv. prof. dr. sc. Slavenka PETRAK

Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zavod za odjevnu tehnologiju

Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

Tel: +(385) (1) 3712 543

Fax: +(385) (1) 3712 599

E-mail: slavenka.petрак@tf.hr

Nataša SEKULIĆ, dipl.inž.

L.Ružičke 38, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

Tel: +(385) (0) 91 516 0658

E-mail:natasasekulin02@gmail.com

Marina OREŠKOVIĆ, dipl. inž.

Bauerfeind d.o.o. PJ Antunovac

Hrvatske Republike 10, HR-31216 Antunovac, Hrvatska

Tel: +(385) (0) 31 278 411

Fax: +(385) (0) 31 278 820

E-mail: marina.oreskovic@bauerfeind.hr

# NETKANI AGROTEKSTIL ZA POBOLJŠANJE KLIJAVOSTI SJEMENA

## NONWOVEN AGROTEXTILE FOR IMPROVING SEED GERMINATION

Paula MARASOVIĆ; Dragana KOPITAR & Beti ROGINA-CAR

**Sažetak:** Provela se karakterizacija netkanih agrotekstila dostupnih na hrvatskom tržištu za poboljšanje klijavosti sjemena i za zaštitu višegodišnjih biljaka od mraza. Svi uzorci proizvedeni su od polipropilenskih vlakana površinske mase 17 g/m<sup>2</sup> i 50 g/m<sup>2</sup>. Ispitana su osnovna fizikalno-mehanička svojstva, odnosno površinska masa, debljina, vlačna svojstva i otpornosti uzorka prema prskanju. Provedeno je preliminarno istraživanje utjecaja agrotekstila na klijavost sjemena krastavci-dugi zeleni, Black Jack tikva, lubenica-Crimson Sweet i domaća artičoka. U tlo su posađene četiri probne čašice za klijanje za svako od četiri odabranih vrsta sjemena. Čašice su prekrivene sa četiri vrste agrotekstila. Po dvije čašice za klijanje sa posijanimi četiri vrste sjemena ostavljene su neprekrivene. Visina prokljajlog sjemena pokrivenog agrotekstilom veća je od visine sjemena koje je klijalo bez agrotekstila. Iz dobivenih preliminarnih rezultata vidljivo je da agrotekstil pozitivno utječe na klijavost sjemena. Da bi se donijeli zaključci o utjecaju agrotekstila na klijavost različitih vrsta sjemena potrebno je proširiti istraživanja.

**Abstract:** Characterization of nonwoven agrotextile available on the Croatian market for improving seed germination was conducted. All the samples of mass per unit area 17 g/m<sup>2</sup> and 50 g/m<sup>2</sup> were made of polypropylene fibers. The basic physical-mechanical properties, i.e. mass per unit area, thickness, tensile and bursting properties were tested. Preliminary study of the agrotextile impact on the seed germination of the cucumber- Long Green, Black Jack gourd, watermelon- Crimson Sweet and domestic artichoke were conducted. In the soil four test cups for germination for each of the selected seed type were planted. The cups are covered with the agrotextile samples. Two germination cups with planted the four types of seeds were left uncovered. Heights of the germinated seeds covered with agrotextile are greater than the height of the seed that germinated without agrotextile. From the preliminary results, it is evident that agrotextile positively effect on seed germination. To conclude about the impact of agrotextile on the seeds germination of different seeds type comprehensive research should be carried out.

**Ključne riječi:** agrotekstil, polipropilenska vlakna, fizikalno-mehanička svojstva, klijavost.

**Keywords:** agrotextile, polypropylene fibres, physical-mechanical properties, seed germination.

### 1. Uvod

Agrotekstil spada u grupu tehničkog tekstila sa primjenom u poljoprivredi, vrtlarstvu, hortikulturi i graditeljstvu. Agrotekstilni proizvodi proizvode se od prirodnih ili umjetnih vlakana. Agrotekstil načinjen iz prirodnih vlakana koristi se u područjima primjene gdje su potrebne karakteristike poput zadržavanja vlage i čvrstoće u mokrom stanju (veća čvrstoća vlakana u mokrom stanju) i ekološke prihvatljivosti zbog potpune razgradnje nakon uporabe. Umjetna vlakna imaju prednost pred prirodnim radi veće čvrstoće, trajnosti, male površinske mase i bolje elastičnosti što omogućuje lakšu manipulaciju i korištenje agrotekstila [1]. Značajan razvoj poljoprivredne započinje krajem 18. i početkom 19. stoljeća gdje i započinje korištenje agrotekstila za prekrivanje netom posijanog sjemena te za zaštitu usjeva. Razvojem suvremene proizvodnje agrotekstila proširuje se i njegova primjena. Danas se agrotekstil uz zaštitu sjemena i usjeva primjenjuje i za suzbijanje korova, kao sjenila za toplinsku zaštitu i sa pojačanom otpornošću na UV zračenja čime se smanjuje intenzitet svjetla i topline [2]. Proizvodi netkanog agrotekstila većih površinskih masa koriste se za zaštitu od vjetra, kiše i drugih atmosferskih utjecaja. Netkani agrotekstil izrađen od polipropilenskih vlakana malih površinskih masa proizведен kemijskim postupkom ekstrudiranja radi svoje specifične kapilarne strukture koristi se za distribuciju vlage pri uzgoju biljaka iz sjemena [1].

Unatoč širokoj primjeni, danas se agrotekstil najčešće koristi za polaganje preko usjeva na otvorenim poljima i zatvorenim površinama, radi ubrzavanja rasta, zaštite od mraza, niskih temperatura i insekata. Uz navedeno, agrotekstil može sprečavati rast korova, isušivanje zemljišta i stvaranje pokorice [3]. Korištenjem agrotekstila smanjuje se upotreba herbicida [2]. Prilikom kišnih razdoblja agrotekstil ne zadržava kišu na svojoj površini niti je apsorbira čime agrotekstil ostaje suh. Netkani agrotekstilni proizvodi propusni su za svjetlo gdje 90% sunčevih zraka prolazi kroz njega dajući prekrivenim biljkama optimalnu vlažnost, toplinu i svjetlo radi čega biljke brže rastu [4, 5]. Specifična struktura agrotekstila sadrži veliki broj mikropora koje propuštaju toplinu pa

se tlo ispod agrotekstila u toku dana zagrijava, a noću sporije hlađi (smanjen prolaz topline u suprotnom smjeru). Radi smanjene temperaturne razlike noći i dana (smanjeno kolebanje temperature) sprečava se gubitak topline i vlage u najdelikatnijoj fazi rasta biljke čime se omogućava ranije sijanje i sadnja biljaka. Preliminarnim ispitivanjem na području Zagrebačke županije istražio se utjecaj agrotekstila na klijavost, odnosno rast i razvoj usjeva iz sjemena.

## 2. Eksperimentalni dio

U radu se provela karakterizacija pet uzoraka agrotekstila dostupnih na hrvatskom tržištu. Na uzorcima se ispitala površinska masa, debljina, vlačna svojstava, te se odredila otpornosti uzoraka prema prskanju. Ispitana su osnovna fizikalno-mehanička svojstva pet netkanih agrotekstilnih proizvoda različitih proizvođača. Namjena ispitanih uzoraka su za zaštitu višegodišnjih biljaka od niskih temperatura te agrotekstil za osiguravanje optimalnih uvjeta za klijavost sjemena. Nazivi proizvoda, proizvođači, dimenzije, nazivne površinske mase te oznake uzoraka prikazani su u tablici 1. Svi uzorci netkanog agrotekstila proizvedeni su od polipropilenskih vlakana.

**Tablica 1:** Označavanje uzorka

Naziv proizvoda	Proizvođač	Dimenzijsi proizvoda, m	Površinska masa, g/m <sup>2</sup>	Oznaka uzorka
Plant protection blanket	Plastic G.MFG.CO.	1,5 x 5	50	A
Agroflis	Zelena linija	1,6 x 10	17	B
Textilia, Strend PRO	Slovakia Trend	1,6 x 5	17	C
Agrotekstilna folija	Cipro	1,6 x 10	17	D
Plant cover	Cipro	širina bale 1,5	17	E

Površinska masa netkanih agrotekstila ispitana je prema normi HRN ISO 9073-1:1989. Mjerenje debljine ispitalo se prema normi HRN ISO 9073-2:1995 na debljinomjeru. Vlačna svojstva uzorka odredila su se prema normi ISO 9073-3:1992 u smjeru izlaska materijala iz stroja (MD smjer) i poprečno od smjera izlaska materijala iz stroja (CMD smjer). Za ispitivanje otpornosti plošnog proizvoda prema prskanju primjenila se norma HRN F.S2.022.



**Slika 1:** Mjerenje temperature okoline i temperature ispod agrotekstila

Preliminarno se istražilo djelovanje i karakteristike netkanih agrotekstila dostupnih na tržištu sa namjenom zaštite usjeva i pružanje optimalnih uvjeta za klijanje. Usporedila se klijavost i rast biljaka iz sjemena sa i bez korištenja agrotekstila u razdoblju od 20. travnja 2016 do 20. svibnja 2016. godine na sjevero-zapadnom

području Zagrebačke županije. Posijano je sjeme krastavca- dugi zeleni, Black Jack tikve, lubenice- Crimson Sweet i domaće artičoke. Četiri vrste sjemena, prethodno navedenih kultura, posijalo se u kartonske čašice za kljanje sa zemljom u vrećama uobičajenom za sijanje sjemena. Čašice za sadnju posađene su u zemlju kako bi klijale na temperaturi tla. Svaka pojedina kultura posijana je u četiri čašice za kljanje i prekrivena sa četiri vrste agrotekstila različitih proizvođača. Dvije čašice za kljanje sa svakom od odabrane kulture ostavljene su nepokrivene. Nakon 24 sata postavljen je termometar za mjerjenje temperature okoline sa sondom koja se postavila ispod agrotekstila kako bi se izmjerila temperatura ispod agrotekstila (slika 1). Za zemljopisno područje sijanja u razdoblju klijanja pratili su se klimatski uvjeti.

### 3. Rezultati i rasprava

#### 3.1 Fizikalno-mehanička svojstva geotekstila

U tablici 2 prikazani su statistički obrađeni rezultati ispitivanja osnovnih fizikalno-mehaničkih svojstava. Površinske mase uzoraka kreću se u rasponu od 17,22 g/m<sup>2</sup> do 50,33 g/m<sup>2</sup> (Tablica 2). Površinska masa uzoraka ima mali koeficijent varijacije, odnosno uzorci su relativno jednolični po masi. Prosječne deblijine agrotekstila kreću se od 0,17 mm do 0,35 mm. Najmanju debiljinu ima uzorak B najmanje površinske mase (17,22 g/m<sup>2</sup>). Koeficijenti varijacije debljine su u rasponu od 0,02% do 11,18%.

**Tablica 2:** Rezultati ispitivanja osnovnih fizikalno-mehaničkih svojstava netkanog agrotekstila [7]

Uzorak	PM, g/m <sup>2</sup>	D, mm	F, N	I, mm	ε, %	F, N	I, mm	ε, %	Otpornost prema prskanju		
			MD			CD			F, kN	I, mm	
A	Ȑx	50,33	0,35	88,37	89,05	72,26	52,93	75,44	60,75	79,04	22,40
	σ	0,06	0,01	10,14	16,32	13,87	7,41	13,68	11,13	5,04	2,41
	CV, %	2,43	0,02	11,47	18,33	19,20	14,00	18,13	18,32	6,38	10,75
B	Ȑx	17,22	0,17	23,87	57,72	43,10	14,16	58,63	41,50	28,64	19,20
	σ	0,05	0,01	4,41	13,38	10,89	1,83	11,50	6,85	3,28	1,92
	CV, %	5,84	7,09	18,49	23,18	25,26	12,94	19,61	16,50	11,46	10,02
C	Ȑx	17,24	0,19	23,13	111,53	87,23	14,01	106,71	83,84	15,30	22,40
	σ	0,02	0,02	3,05	19,81	16,97	1,29	20,31	16,71	2,56	0,55
	CV, %	1,79	8,95	13,19	17,76	19,45	9,22	19,03	19,93	16,72	2,45
D	Ȑx	18,56	0,23	24,73	83,27	60,92	20,51	97,40	74,50	17,06	19,80
	σ	0,01	0,02	2,15	9,96	8,94	2,31	13,11	10,78	4,02	0,84
	CV, %	1,33	6,71	8,68	11,96	14,67	11,29	13,46	14,47	23,56	4,23
E	Ȑx	17,38	0,20	22,33	37,54	29,75	16,57	46,44	35,92	28,24	15,40
	σ	0,01	0,02	2,20	7,27	5,36	2,89	12,17	8,52	3,63	1,14
	CV, %	1,22	11,18	9,84	19,37	18,03	17,44	26,20	23,71	12,85	7,40

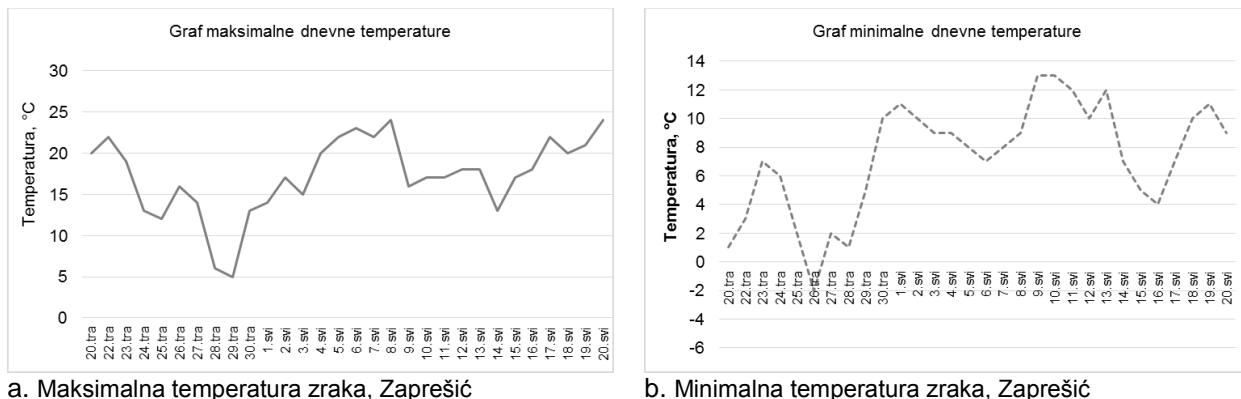
gdje je: PM – površinska masa, g/m<sup>2</sup>; D – debljina, mm; F - prekidna sila, N; I - prekidno produljenje, mm; P – prekidno istezanje, %; F - sila prskanja, kN; I - prekidno produljenje, mm; Ȑx - srednja vrijednost; σ - standardna devijacija; CV – koeficijent varijacije, %

Prekidna sila uzorka veća je u smjeru izlaska materijala iz stroja. U smjeru izlaska materijala iz stroja prekidna sila kreće se u rasponu od 22,33 N do 88,37 N, dok u smjeru suprotnom od izlaska materijala iz stroja u rasponu od 14,01 N do 52,93 N. Porastom površinske mase prekidna sila uglavnom raste. Prosječno prekidno produljenje ispitanih uzoraka u MD smjeru je u rasponu od 37,54 mm do 111,53 mm, dok je u CMD smjeru od 46,44 mm do 106,71 mm. Nije vidljiva zakonitost u ponašanju prekidnog istezanja s obzirom na površinsku masu ili smjer izlaska materijala iz stroja (MD i CMD smjer). Sila otpora na prskanje je u rasponu od 15,30 kN do 79,04 kN.

Porastom površinske mase sila otpora na prskanje uglavnom raste, odnosno uzorci veće površinske mase imaju veću силu otpora na prskanje. Prekidno produljenje pri sili otpora na prskanje ispitanih uzoraka je u rasponu od 15,40 mm do 22,40 mm. Zakonitosti u ponašanju prekidnog istezanja s obzirom na površinsku masu nije vidljiva. Pojedini koeficijenti varijacije prekidne sile i istezanja su relativno veliki (npr. prekidna sila uzorka E u smjeru suprotnom od izlaska materijala iz stroja; Tablica 2).

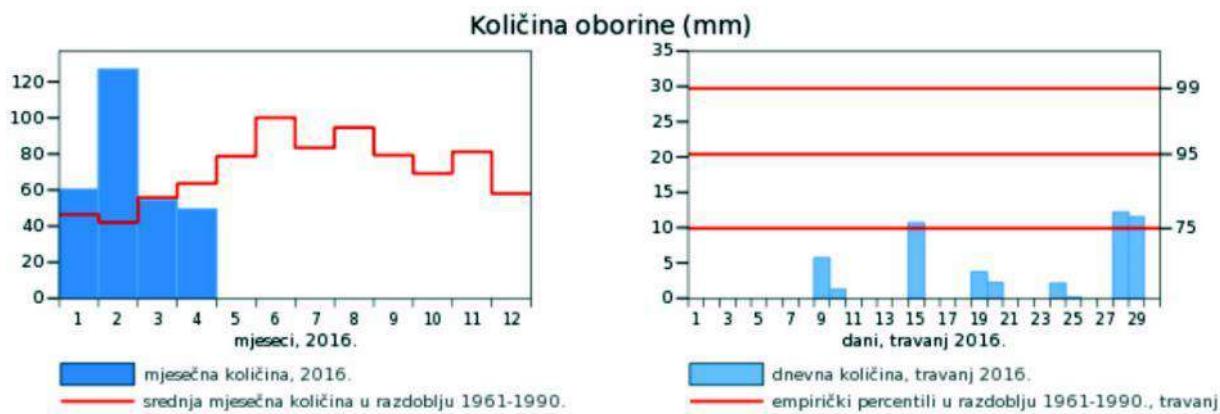
### 3.2 Uvjeti atmosfere i utjecaj na klijavosti sjemena sa i bez korištenja agrotekstila

Maksimalna i minimalna temperatura u razdoblju od 20. travnja do 20. svibnja 2016. na području sjevero-zapadnog područja Zagrebačke županije prikazana je na slici 2.

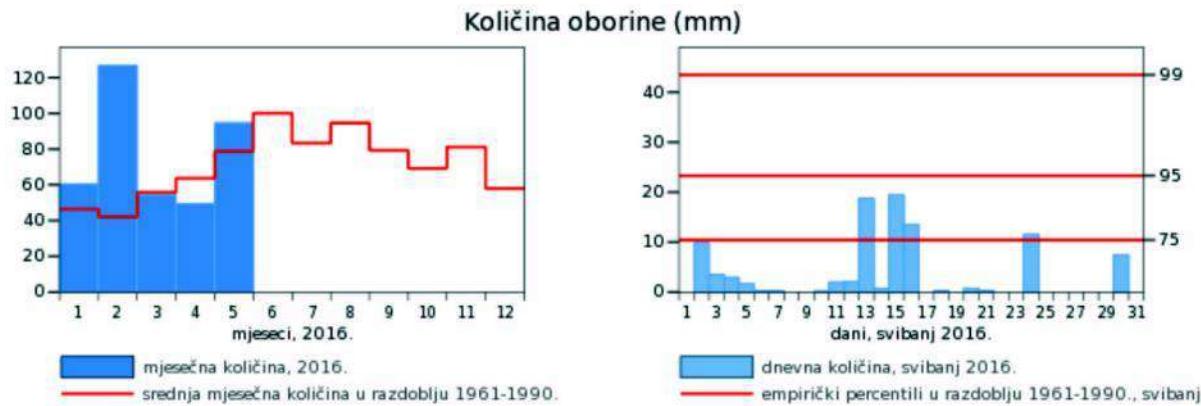


**Slika 2:** Maksimalna i minimalna temperatura zraka za Zaprešić u razdoblju od 20. travnja do 20. svibnja 2016. godine.

Vremenski uvjeti za klijanje u navedenom razdoblju na području Zagrebačke županije nisu bili pogodni za sijanje sjemena. U razdoblju od 30 dana kroz koje se pratilo klijanje bilo je razdoblja kada su temperature bile ispod 0°C s čestim i obilatim kišama (slika 2, 3 i 4).



**Slika 3:** Mjesecna kolicina oborina (mm) 2016 godine i dnevna kolicina oborina u travnju 2016.g.



**Slika 4:** Mjesecna kolicina oborina (mm) 2016 godine i dnevna kolicina oborina u svibanju 2016.g.

Količina oborina krajem travnja i kroz cijeli svibanj bila je veća s obzirom na srednju mjesecnu količinu oborina u razdoblju od 1961. - 1990. godine. Pogodni uvjeti za klijanje spomenutih usjeva je temperatura od min. 15°C sa suhim i sunčanim razdobljima [7, 8].

Unatoč nepogodnim uvjetima sjeme svih kultura pokriveno agrotekstilom je prokljalo. Nepokriveno sjeme krastavaca i lubenice je prokljalo dok artičoka i tikvica nije. Na slici 4. vidi se da je visina prokljalog sjemena pokrivenog agrotekstilom (slika 4, a.) veće visine od sjemena koje je klijalo bez zaštite agrotekstila (slika 4, b.). Debljina stabljike i veličina lista sjemena pokrivenog agrotekstilom je veća.



a. Prokljane biljke pokrivenih agrotekstilom



b. Prokljane biljke bez upotrebe agrotekstila

**Slika 5:** Čašice za klijanje sa prokljanim biljkama iz sjemena

Rezultati preliminarnog pokusa pokazuju da agrotekstil utječe na klijavost sjemena, odnosno da pospješuje rast i razvoj sjemena pa čak i u nepogodnim atmosferskim uvjetima. Preliminarni rezultati upućuju na potrebu daljnog sveobuhvatnog istraživanja da bi se donijeli zaključci o djelovanju agrotekstila na klijavost različitih vrsta sjemena.

#### 4. Zaključak

Rezultati preliminarnog istraživanje pokazali su da agrotekstil pozitivno utječe na klijavost sjemena, odnosno pospješuje rast i razvoj sjemena pa čak i u razmjerno nepogodnim uvjetima za klijanje. Najveća prednost i razlog široke primjene agrotekstila je u tome što štiti tek posijano sjeme od kolebanja temperature u najosjetljivijem ciklusu rasta biljke iz sjemena (faze klijanja). Upotrebom agrotekstila spriječen je utjecaj djelovanja maksimalnih i minimalnih temperaturnih ekstremi na razvoj biljke radi dobre izmjene zraka i vode. Da bi se donijeli zaključci o djelovanju agrotekstila na klijavost različitih vrsta sjemena, nakon preliminarnih rezultata potrebno je provesti ispitivanja koja bi trebala obuhvatiti višegodišnja razdoblja sijanja, detaljnije praćenje sjemena, rasta biljke i ostalih potrebnih parametara.

#### Literatura

- [1] Sabuz, S.: Applications of agrotextiles – manufacturing, processes of agroekstiles, Bangladesh, *Dostupno na: <http://textilelearner.blogspot.hr/2014/04/applications-of-agro-textiles.html>*, Pristupljeno: 2014-04
- [2] Andrassy, M; Čunko, R.: Vlakna, Zrinski d. d., Zagreb, 2005.
- [3] Rao, K.S.; Lakshmi, P; Chatterji, Z.: *Handbook for agroekstiles*, New Delhi, Dostupan na <http://technotex.gov.in/Agrotextiles/Handbook%20for%20Agrotextiles.pdf>, Pristupljeno: 2013.
- [4] Agro klub, *Dostupan na <http://www.agrokub.com/poljoprivredni-glasnik/glas/agril-lutrasilagroekstil-17g-tkanina-za-pokrivanje-biljaka-i-zemljista/5168/>*, Pristupljeno: 2012-01-03.
- [5] Agro klub, *Dostupan na <http://www.agrokub.com/povcarstvo/izravno-prekrivanje-povrca-polimernim-materijalima/2878/>* Pristupljeno: 2010-04-13.
- [6] Skenderi, Z.: Skripta iz kolegija Netkani i tehnički tekstil, Zagreb, 2015.
- [7] Marasović, P.: Završni rad – Struktura i svojstva agrotekstila, Zagreb, srpanj 2016
- [8] Nikolić, B.: Značaj agrotekstila u proizvodnji povrća, Biotehnički institut, Podgorica, 2010.
- [9] Parađiković, N.: Osnove proizvodnje povrća, Katava d.o.o , Osijek, 2011

#### Autor(i):

Studentica Paula MARASOVIĆ; Doc. dr. sc. Dragana KOPITAR; Dr. sc. Beti ROGINA-CAR, stručni suradnik  
Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb

Tel: +(385) (1) 3712 574

Fax: +(385) (1) 3712 599

E-mail: paula.pm2410mail.com  
dragana.kopitar@ttf.hr  
betti.rogina-car@ttf.hr

## POVRŠINSKA DEFORMACIJA ČARAPA PROUZROČENA JEDNOOSNIM VLAČNIM OPTEREĆENJEM

### HOSIERY SURFACE DEFORMATION CAUSED BY UNIAXIAL TENSILE LOAD

Željka PAVLOVIĆ; Miloš LOZO & Zlatko VRLJIČAK

**Sažetak:** Navedene su osnovne podjele čarapa s obzirom na njihov oblik. Također su navedene izmjere ženske noge koje koriste u proizvodnji finih ženskih čarapa. Opisani su parametri strukture pletiva u čarapi koji utječu na rastezna svojstva čarape te navedeni primjeri primjene određenih pređa u izradi različitih čarapa. Navodi se odnos rastezljivosti pletiva i kompresije čarape na nogu kao mjerilo udobnosti i funkcionalnosti pri upotrebi. S poliamidnim multifilamentnim pređama finoće 40 dtex f40 izrađeni su pri četiri dubine kuliranja uzorci cjevastih pletiva kakva se koriste u izradi finih ženskih čarapa. Za pletenje je korišten čaraparski automat promjera cilindrične iglenice 100 mm (4 inča), koji je pleo s 400 igala i brzinom rotacije iglenice 300 do 700/min. Jedan uzorak cjevastog pletiva izrađen je s jednom finoćom pređe i s jednom dubinom kuliranja. Mjerena je rastezljivost pletiva pri jednoosnom vlačnom opterećenju silama 2, 10, 20, 30, 40 i 50 N. Površina pletiva se povećava i do 86,9 % s porastom vlačne sile.

**Abstract:** Basic classifications of hosiery considering their shape are specified. The measurements of woman's leg used for manufacturing of fine ladies' hosiery are also specified. The structure parameters of the knitted hosiery that are affecting the tensile properties of hosiery are described, and examples of certain yarn application in the production of various hosiery are listed. The relation of extensibility of knitwear and compression of the stocking on the leg as a measure of comfort and functionality in use are stated. With polyamide multifilament yarns in counts 40 dtex f40, with four different sinking depths, the samples of tubular knitted fabrics are made, as used in making of fine women's hosiery. A hosiery machine with diameter of cylindrical needle bed 100 mm (4") knitting with 400 needles and a needle bed speed between 300 and 700/min was used for knitting. One hosiery sample was knitted from one yarn count and with one sinking depth. The elasticity of the knitwear under uniaxial tensile load of 2, 10, 20, 30, 40 and 50 N is measured. With the increase of the tensile force, the surface of the knitwear is increased up to 86,9%.

**Ključne riječi:** čarapa, sila, rastezljivost, površina, kompresija

**Keywords:** hosiery, force, elasticity, surface, compression

#### 1. Uvod

Čarape su tekstilni proizvodi kod kojih je u upotrebi velika površinska deformacija pletiva izazvana dvoosnim vlačnim opterećenjem. Kod mnogih oblika čarapa (slika 1) primarno se izučava deformacija čarape pri jednoosnom opterećenju koje se proteže u smjeru redova očica ili u vodoravnom položaju. Čarape se izrađuju na kulirnim strojevima kod kojih se pređa dovodi u vodoravnom položaju i upliće u red pletiva. Za izradu klasičnih muških kratkih, malo debljih čarapa (slike 1a, b, c, d) najčešće se koriste poliamidne (PA) multifilamentne pređe finoće 168 do 210 dtex, prekidne istezljivosti 25 do 35% i pamučne jednostrukе pređe finoće 44 do 72 tex, prekidne istezljivosti 3 do 6%. Pri izradi glatkog dijela čarape, u jedan red pletiva se upliće obje pređe, pojedinačne duljine 600 do 800 mm. Kod izrade jednostavnijih finih ženskih čarapa ili čarapa s gaćicama (slike 1e, f, g, h) često se koriste PA multifilamentne pređe finoće 13, 17, 22, 33, 40, 60 ili 72 dtex, prekidne istezljivosti 20 do 40 %. U jedan red se upliće jedna pređa u iznosu 600 do 1400 mm. Ovako velike razlike u uplitaju pređe su uvjetovane opsegom dijela noge na koji se čarapa navlači, tablica 1. Najmanji opseg noge je kod najmanje veličine i nalazi se u području gležnja te iznosi cB = 19 do 21 cm. Za ugodno pristajanje čarape na ovom dijelu noge poželjno je da opseg čarape bude 15 do 17 cm, ili širina cijevastog pletiva 7,5 cm x 2 do 8,5 cm x 2. Kod ovakvih čarapa opseg pletiva je oko 20 % manji od opsega noge na koji čarapa naliježe. U potkoljeničnom dijelu opseg noge je cD = 29 do 34 cm, a opseg čarape bi trebao biti 23 do 27 cm ili širina pletiva 11,5 cm x 2 do 13,5 cm x 2. Ako se izrađuje dugačka samostojeća čarapa tada bi njen opseg na gornjem dijelu natkoljenice iznosio 40 do 46 cm, pri čemu je širina pletiva 20 cm x 2 do 23 cm x 2 jer je opseg noge na koji čarapa naliježe cG = 50 do 57 cm. Ovo su načelni, osnovni odnosi između opsega noge i širine čarape koja priliže na određeni dio noge [1, 2].

Čarapa se plete na stroju cilindrične iglenice konstantnog promjera na kojem treba izrađivati cijevasto pletivo različitih širina. Čarape za odrasle osobe najčešće se izrađuju na strojevima promjera iglenice 95 do 100 mm, 3 ¾ do 4 inča, i pletivo ima širinu 8 cm x 2 do 12 cm x 2. Da bi se ovakvo pletivo moglo navući na nogu u području gležnja gdje je opseg oko 20 cm, potom na potkoljenični mišić, list, koji ima opseg, npr. 34 cm, ili na natkoljenični dio noge koji ima opseg 57 cm, razumljivo je da struktura pletiva treba biti različita u navedena tri dijela. Kako se opseg noge gotovo kontinuirano povećava od gležnja prema preponama tako se slijedno i struktura čarapa mijenjati. Kod izrade jednostavnijih čarapa ove promjene se ostvaruju dubinom kuliranja. Kod najmanje dubine kuliranja igla povuče najmanje niti za oblikovanje očice i tada se izradi najuži dio čarape. Kod najveće dubine kuliranja igla povlači najviše niti pa se izradi najširi dio čarape, ali ne toliko širok da pri istezanju pletiva oko 20% udobno priliježe uz tijelo. Pri znatno većem rastezanju čarapa udobno priliježe uz tijelo [3, 4].



**Slika 1:** Različiti oblici čarapa: a) kratka čarapa, b) klasična sportska dokoljenka, c) steznik potkoljeničnog mišića, d) klasična muška dokoljenka, e) fina ženska čarapa s gaćicama, f) kompresijska dokoljenka, g) dugačka kompresijska čarapa, h) kompresijske čarape s gaćicama i j) načelo pritiska čarape na nogu

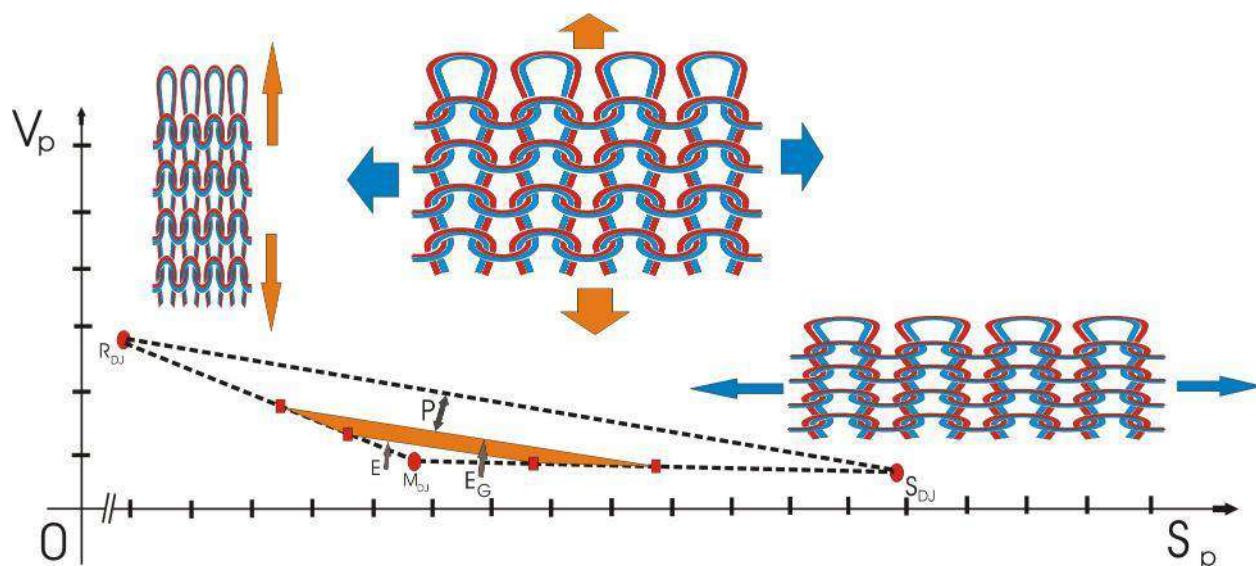
Ovisno o veličini i modelu, jedna fina dugačka ženska čarapa se izrađuje s 3000 do 4500 redova očica. Pri izradi jedne čarape s područjima različite poprečne rastezljivosti potrebno je pri pletenju koristiti određene dubine kuliranja. Tako se npr. fine ženske čarape često izrađuju na čaraparskim automatima koji pletu s 400 igala i dubinama kuliranja 0,5 do 2 mm ili 200 do 1400 upravljačkih jedinica. Pri izradi jedne čarape koristi se deset do dvadeset različitih dubina kuliranja. Konstrukcijski oblik čarape nije standardiziran i razlikuje se među proizvođačima čarapa pa ga svaki proizvođač oblikuje po vlastitim procjenama. Tako npr. pri izradi dijela čarape koji će nalijegati na gležanj koristi se dubina kuliranja oko 0,75 mm ili 300 upravljačkih jedinica, pri čemu je utrošak niti u očici oko 1,85 mm, i u red pletiva se uplete oko 750 mm pređe. Širina pletiva iznosi oko 10 cm x 2. Ako potkoljenični mišić ili list noge ima opseg 34 cm tada će se za njegovu izradu koristiti veća dubina kuliranja, s iznosom npr. 1 mm ili 500 upravljačkih jedinica. U ovom slučaju utrošak niti u očici će iznositi 2,25 mm, ili se u jedan red upliće oko 900 mm pređe pri čemu će širina pletiva iznosi 12 cm x 2. U trećem slučaju, pri izradi gornjeg dijela čarape koji će nalijegati na natkoljenični butni mišić primjeniti će se još veća dubina kuliranja, npr. 900 upravljačkih jedinica, pri čemu će utrošak niti u očici biti 3,25 mm pa će se dobiti pletivo širine 14 cm x 2 ili opsega 28 cm. Međutim, ovo se pletivo treba istegnuti gotovo 100 % da bi udobno priljegalo uz gornji dio noge. Po navedenom načelu projektanti čarapa za svaki naredni broj redova kojim se izrađuju čarape koriste druge iznose dubina kuliranja. Pri konstrukcijama čarapa, broj redova s pripadajućim

dubinama kuliranja je karakterističan za svakog proizvođača čarapa i smatra se njegovom tajnom u izradi kvalitetnih čarapa koje pristaju određenoj ženi [5, 6].

**Tablica 1:** Izmjere ženskih nogu za pojedine veličine čarapa; interne izmjere, jedan proizvođač [7]

		Opseg na određenom dijelu noge, cm				
		Vel.	S	M	ML	L
cH	80-95	85-100	90-110	95-120	100-130	
cG	50-57	53-60	56-63	60-67	64-71	
Plus	56-63	60-67	64-71	68-75	72-79	
cF	44-51	47-54	50-57	54-61	56-65	
Plus	50-67	54-61	56-65	60-69	64-73	
cD	29-34	32-37	35-40	38-43	41-46	
Plus	35-40	38-43	41-46	44-49	47-52	
cB	19-21	20-22	22-24	23-25	25-28	
Plus	22-24	23-25	25-28	26-30	27-31	
Duljina dijela noge, cm						
tG	62-71	65-74	68-78	71-81	74-84	
tF	51-58	53-60	56-64	58-66	61-70	
tD	30-34	31-35	33-37	34-39	36-41	
tB	8-10	9-11	10-11	10-11	11-12	

Pletiva su veoma porozni i anizotropni materijali, naročito pletiva finih ženskih čarapa. Pređa u pletivu je veoma slobodna i istezljiva pa se uz malene sile ostvaruju velike deformacije. Prilikom navlačenja čarape na nogu upotrebljavaju se sile do 50 N. Kad se čarapa navlači na nogu, ona se prvo rasteže popriječno i navuče na nogu. Potom se rasteže uzdužno, i tako slijedno dok se ne navuče. Pri popriječnom rastezanju, čarapa se značajno uzdužno skraćuje, (slika 2.) Kad se cijevasti oblik pletiva navuče na određeni dio noge tada sile koje djeluju popriječno i uzdužno čarape zauzimaju ravnotežni položaj, a njihova rezultanta djeluje kao kompresivska sila na dio noge. Iznos sile pritiska čarape na dio noge je sastavni dio ocjene vezane za pristalost i udobnost nošenja čarape. S medicinskog gledišta, u osnovi, najveći pritisak čarape na nogu trebao bi biti u stopalu i polako opadati prema gornjem dijelu noge, (slika 1j). Ovaj kriterij nije uvijek jednostavno ispuniti, naročito pri pletenju čarapa na čaraparskim automatima. Mnogi podatci pokazuju da je najmanji pritisak klasične čarape upravo na području gležnja. Kod sportskih i medicinskih čarapa posvećena je veća pozornost kompresivnosti čarape na pojedini dio noge. Kod ovakvih je čarapa veoma važna kompresivnost čarape pri određenom istezanju. Kod klasičnih finih ženskih čarapa kompresivnost iznosi do 2 kPa ili do 15 mmHg. Mnogi ovoliku kompresivnost smatraju beznačajnom. Fine ženske čarape povećane kompresivnosti imaju kompresivnost 2 do 2,5 kPa ili 15 do 19 mmHg. Medicinske čarape imaju kompresivnost 2,4 do 6,5 kPa, pa i više, (tablica 2), [8,9].



**Slika 2:** Prikaz popriječnog i uzdužnog istezanja pletiva u čarapi;  $V_p$  – visina pletiva,  $S_p$  – širina pletiva,  $R \cdot M \cdot S$  – točke trokuta,  $E$  - elastično područje,  $E_G$  – granica elastičnog područja,  $P$  – plastično područje

**Tablica 2:** Kompresivnost medicinskih čarapa [8,9]

Klasa	Stupanj kompresije	Kompresija, kPa	Kompresija, mmHg
I	<i>lagana</i>	2,4 – 2,8	18 – 21
II	<i>srednja</i>	3,1 – 4,3	23 – 32
III	<i>velika</i>	4,5 – 6,1	34 – 46
IV	<i>veoma velika</i>	6,5 i više	49 i više

$1 \text{ kPa} = 7,5 \text{ mmHg}; 1 \text{ mmHg} = 0,133 \text{ kPa}$

Medicinske kompresijske čarape koriste u prevenciji ili liječenju venskih oboljenja te profesionalnim sportašima pri obavljanju sportskih aktivnosti. Da bi se izradila kvalitetna kompresijska čarape potrebno je ispravno uzeti izmjere noge. One se još uvijek uzimaju mehanički. U posljednje vrijeme, u istraživanjima se koriste različiti 3D skeneri i računalni programi za izmjere nogu koje koriste u projektiranju čarapa, (slika 3). Ispravno uzete mjere se pohrane u računalo i prema njima, i u dogovoru s lječnikom te korisnikom, se projektiraju čarape koje imaju određenu popriječnu i uzdužnu rastezljivost i kompresivnost na pojedinim dijelovima. Za kvalitetnu terapiju ili primjenu korisnik može, uz redovitu kontrolu, koristiti čarape različitog stupnja kompresije.



**Slika 3:** Načelo analize noge pri projektiranju parametara strukture čarape: a) računalno skenirane ljudske noge, b) mrežni poligoni na nogi značajni za konstrukciju čarape, c) modeliranje pritiska čarape na potkoljenični mišić i d) modeliranje pritiska steznika na koljeno

## 2. Eksperimentalni dio

Za analizu promjene površine dijela čarape pri jednoosnim vlačnim opterećenjima izrađeni su uzorci pletiva na čaraparskom automatu koji se najčešće koristi u izradi finih ženskih čarapa. Automat ima promjer iglenice 100 mm ili 4 inča, plete sa 400 igala i četiri pletača sustava, radnim brzinama 300 do 700/min.

## 3. Rezultati i rasprava

Za pletenje su korištene PA multifilamentne pređe finoće 40 dtex f 40, tj. pređe s mikrovleknama finoće 1 dtex, tablica 3. Izrađena su četiri uzorka pletiva sa četiri različite dubine kuliranja koje se često koriste u izradi finih ženskih čarapa. Prvi je uzorak izrađen sa iznosom dubine kuliranja 400 upravljačkih jedinica. Duljina uzorka je iznosila oko 50 cm. Drugi je uzorak izrađen s dubinom kuliranja 550, treći sa 700 i četvrti sa iznosom 850 upravljačkih jedinica. Pojedini uzorci su izrađeni s jednom dubinom kuliranja pa su duljine iznosile 50 do 80 cm. Iz ovakvih velikih uzoraka mogu se prema potrebi rezati različiti manji uzorci za mjerenje promjene površine kod jednoosnog opterećenja. U tablici 4. su navedeni osnovni parametri strukture pletiva. Širina pletiva se nalazi u granicama 118 mm x 2 do 133 mm x 2, i s povećanjem dubine kuliranja se povećava. Povećanjem dubine kuliranja također se povećava poroznost pletiva koja se očituje kroz smanjenje mase četvornog metra pletiva s 58 na 49 g/m<sup>2</sup>. Mnoge promjene strukture pletiva se očitaju u zapreminskoj masi koja opada kao i masa četvornog metra i to od 0,181 do 0,120 g/cm<sup>3</sup>. Za izučavanje rastezljivosti pletiva u smjeru redova očica značajna je duljina pređe upletena u red pletiva koja kod ovih uzoraka iznosi 868 do 1284 mm. Pored ovog parametra također je značajna prekidna istezljivost pređe koja iznosi 21,4 %. U tablici 5 navedeni su podaci rastezljivosti i površine pletiva pri različitim opterećenjima.

Za izučavanje promjene površine pletiva pri dvoosnom opterećenju značajni su podaci o broju očica izrađenih na jedinici površine kao i količini pređe upletene na istoj jedinici.

**Tablica 3:** Značajke PA multifilamentne pređe finoće 40 dtex f 40

Finoća pređe, dtex	40,2±0,3
Prekidna sila, cN	153±2
Prekidna istezljivost, %	21,4±0,4
Rad do prekida, cN·cm	864±29
Prekidna čvrstoća, cN/dtex	3,8±0,5

**Tablica 4:** Temeljni parametri strukture pletiva izrađenih uzoraka

Dubina kuliranja	S <sub>p</sub> , mm	m, g/m <sup>2</sup>	d <sub>pl</sub> , mm	m <sub>z</sub> , g/cm <sup>3</sup>	C	L <sub>r</sub> , mm	l <sub>e</sub> , mm	D, oč/cm <sup>2</sup>	L <sub>c</sub> , mm/cm <sup>2</sup>
400	118 x 2	58	0,32	0,181	0,44	868	2,17	651	1413
550	120 x 2	54	0,35	0,154	0,53	1008	2,52	521	1313
700	128 x 2	50	0,38	0,132	0,57	1124	2,81	422	1186
850	133 x 2	49	0,41	0,120	0,61	1284	3,21	371	1191

**Gdje je:** S<sub>p</sub> – širina pletiva u cjevastom obliku, m – masa četvornog metra pletiva, d<sub>pl</sub> – debljina pletiva, m<sub>z</sub> – zapreminska masa pletiva, C – koeficijent zbijenosti očica, L<sub>r</sub> – uplitanje pređe u red pletiva, l<sub>e</sub> – prosječni utrošak pređe u očici, D – broj očica na jedinici površine, L<sub>c</sub> – uplitanje pređe u jedinicu površine

**Tablica 5:** Parametri cjevastog pletiva pri jednoosnom vlačnom opterećenju

Dubina kuliranja 400									
Sila, F <sub>po</sub> , N	D <sub>u</sub> , mm	ΔD <sub>u</sub> , %	S <sub>u</sub> , mm	ΔS <sub>u</sub> , mm	ΔS <sub>u</sub> /ΔD <sub>u</sub>	O <sub>u</sub> , mm	ΔO <sub>u</sub> , %	P <sub>u</sub> , m <sup>2</sup>	ΔP <sub>u</sub> , %
2	520	0	120	0	0	277	0	0,144	0
10	495	-4,8	162	35,0	7,3	360	30,0	0,178	23,6
20	463	-11,0	193	60,8	5,5	423	52,7	0,196	36,1
30	455	-12,5	205	70,8	5,7	447	61,4	0,203	41,0
40	448	-13,8	215	79,2	5,7	467	68,6	0,209	45,1
50	442	-15,0	220	83,3	5,6;(6,0)	477	72,2	0,210	45,8
Dubina kuliranja 550									
2	630	0	118	0	0	273	0	0,172	0
10	588	-6,7	177	50,0	7,5	390	42,9	0,229	33,1
20	557	-11,6	217	83,9	7,2	470	72,2	0,262	52,3
30	543	-13,8	237	100,8	7,3	510	86,8	0,277	61,0
40	535	-15,1	247	109,3	7,2	530	94,1	0,283	64,5
50	530	-15,9	255	116,1	7,3;(7,3)	547	100,4	0,290	68,6
Dubina kuliranja 700									
2	728	0	125	0	0	287	0	0,209	0
10	685	-5,9	193	54,4	9,2	423	47,4	0,290	38,8
20	635	-12,8	252	101,6	7,9	540	88,2	0,343	64,1
30	622	-14,6	273	118,4	8,1	583	103,1	0,362	73,2
40	617	-15,2	288	130,4	8,6	613	113,6	0,378	80,9
50	605	-16,9	297	137,6	8,1;(8,4)	630	119,5	0,381	82,2
Dubina kuliranja 850									
2	778	0	143	0	0	323	0	0,251	0
10	735	-5,5	227	58,7	10,7	490	51,7	0,360	43,4
20	673	-13,4	298	108,4	8,1	633	96,0	0,426	69,7
30	658	-15,4	320	123,8	8,0	677	109,6	0,445	77,3
40	650	-16,5	338	136,4	8,3	713	120,7	0,464	84,9
50	637	-18,1	350	144,8	8,0;(8,6)	737	128,2	0,469	86,9

**Gdje je:** D<sub>u</sub> – duljina cjevastog uzorka pletiva, S<sub>u</sub> – širina cjevastog pletiva, O<sub>u</sub> – opseg cjevastog uzorka pletiva, P<sub>u</sub> – površina uzorka, Δ – razlike između početnog i istegnutog pletiva

Cilj ovih mjerjenja je da se utvrdi promjena površine pletiva kod različitih jednoosnih opterećenja. S jednom predom izrađena su četiri cjevasta uzorka pletiva pri različitim dubinama kuliranja. U izrađenim uzorcima značajno se razlikuju iznosi osnovnih parametara strukture pletiva koji su bitno utjecali na rastezna svojstva pletiva. Cjevasti uzorci pletiva promjera oko 120 mm stavljeni su u vodoravni položaj na gornji okrugli nosač promjera 32 mm i s istim takvim nosačem se opteretili u donjem dijelu na način da se pletivo istezalo u smjeru redova očica. Sila povlačenja pletiva je iznosila 2, 10, 20, 30, 40 i 50 N jer se ovolika sila najčešće koristi kod navlačenja fine ženske čarape na nogu i testiranja rastezljivosti čarapa. Pri svakom opterećenju mjereno je produljenje cjevastog pletiva u smjeru redova očica i suženje u smjeru nizova očica. Iz podataka mjerjenja je uočljivo da pletivo izrađeno s najmanjom dubinom kuliranja, koja je iznosila 400 upravljačkih jedinica, se skraćuje po duljini, ili u smjeru redova očica, 4,8 do 15,0 %, a kod najveće dubine kuliranja 5,5 do 18,1 %. Istezljivost pletiva u smjeru redova očica, ili po širini, je znatno veće i iznosi, kod najmanje dubine kuliranja, 35,0 do 83,3 %, a kod najveće dubine kuliranja 58,7 do 144,8 %. Značajno je uočiti da se pletivo isteže 5,5 do 10,7 puta više po širini nego duljini. S povećanjem dubine kuliranja prosječno se povećava i ovaj odnos i to od 6,0 do 8,6 puta. Za ova istraživanja značajno je navesti da se pri jednoosnom vlačnom opterećenju površina pletiva povećava 23,6 do 86,9 %. Ovo je značajan podatak koji se koristi kod projektiranja struktura pletiva čarapa, a naročito pritiska čarape na pojedini dio noge. Pored navedenog podatka značajno je uočiti da se opseg pletiva kontinuirano povećava. Usklađivanjem prekidne istezljivosti pređe, dubine kuliranja i uplitanja pređe u red pletiva dobivaju se osnovni podaci koji se koriste u određivanju istezljivosti pletiva u smjeru redova očica ili poprečne istezljivosti čarape, a time i pritiska čarape na nogu.

#### 4. Zaključak

Na osnovi ukupnih istraživanja može se zaključiti da se pri izradi jedne fine dugačke ženske čarape ili čarapa s gaćicama koristi deset do dvadeset različitih dubina kuliranja. Pri svakoj dubini kuliranja ostvari se različita duljina uplitanja pređe u red pletiva koja se očituje i bitno različitim rasteznim svojstvima. Pletivo za finu žensku čarapu je 5,5 do 10,7 puta rastezljivije u smjeru redova očica ili popriječno, nego u smjeru nizova očica ili uzduž čarape. Analiza ispleteneh uzorka pri jednoosnom vlačnom opterećenju prikazuje povećanje površina pletiva od 23,6 do 86,9 %. Ovi podaci su potrebni kod projektiranja pritiska čarape na nogu i ocjenjivanja udobnosti nošenja čarape.

#### Literatura

- [1] HRN F.G0.010.
- [2] HRN F.G1.612.
- [3] Lozo, M.; Vrljičak, Z.: Structure and Elongation of fine Ladies' Hosiery, *48. Congress of the International Federation of Knitting Technologists, IFKT*, Weber, M.O. (Urednik), str.1-10, Moechengladbach, Njemačka, June (2016)
- [4] Pavlović, Ž.; Lozo, M.; & Vrljičak, Z.: Problemi određivanja utroška niti u očici finih ženskih čarapa, *Tekstil*, **65**(2016.)1-2, 35-46, ISSN 0492-5882
- [5] Bašnec, I.: Proces izrade finih ženskih čarapa, *Tekstil* **43**(1994.) 5, 255-259, ISSN 0492-5882
- [6] Lozo, M. & Vrljičak, Z.: Rastezna svojstva finih ženskih čarapa s gaćicama, *MATRIB 2014, International conference on materials, tribology, recycling*, Grilec, T. (Urednik), 278-288, Vela Luka, June (2014)
- [7] <http://www.butik21.de/brands/swedish-supporters/>; Pristupljeno: 2016-12-22
- [8] RAL-GZ 387/1. Madizinische Kompressionsstruempfe, Dueren 2008.
- [9] BS 6612:1985; Graduated compression hosiery

#### Autor(i):

Željka PAVLOVIĆ mag.ing.techn.text; Prof. dr. sc. Zlatko VRLJIČAK  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10 000 Zagreb 10 000 Zagreb  
Tel: +(385) (1) 3712 572 Fax: +(385) (1) 3712 599

E-mail: [zeljka.pavlovic@ttf.hr](mailto:zeljka.pavlovic@ttf.hr)  
[zlatko.vrljicak@ttf.hr](mailto:zlatko.vrljicak@ttf.hr)

Miloš LOZO, dipl.ing.  
Tvornica čarapa, 8.mart  
Subotica, Srbija  
Tel: Fax: E-mail: [8mart@eunet.rs](mailto:8mart@eunet.rs)

## DIZAJN MINI KOLEKCIJE I IZRADA MODELA ODJEVNOG PREDMETA INSPIRIRANOG TRANSHUMANIZMOM

### DESIGN OF MINI COLLECTION AND MAKING OF CLOTHING ITEM INSPIRED BY THE TRANSHUMANISM

Anica HURSA ŠAJATOVIĆ; Matilda AĐIĆ IVANČIR & Irena ŠABARIĆ

**Sažetak:** U radu je prikazan dizajn i realizacija kolekcije odjeće inspirirane transhumanizmom. U teoretskom dijelu rada opisano je i objašnjeno značenje pojma transhumanizam, te su opisani njegovi počeci i razvoj transhumanističkih tema kroz romane, stripove, filmove, televizijske serije i sl. Također su opisana predviđanja transhumanista što će biti rezultat upotrebe novih suvremenih tehnologija u budućnosti. U eksperimentalnom dijelu rada prikazane su skice modela autorske kolekcije odjeće, čiji dizajn je inspiriran aspektom autorovog shvaćanja transhumanizma. Na osnovu skica modela, konstruiran je temeljni kroj ženske haljine, izvedeno je modeliranje temeljnog kroja, dodani su šavni dodaci i izrađeni su cjeloviti odjevni predmeti prema inspiraciji.

**Abstract:** This paper presents the design and realisation of clothing collection inspired by transhumanism. In the theoretical part of this paper, the meaning of the term transhumanism is explained, and its beginnings and development of the transhumanist topics through novels, comics, movies, television series etc. are described. In addition, transhumanists prediction what will be the result of the use of new modern technologies in the future, are described. In the experimental part of the paper, the sketches of the model of the own collection, which design is inspired by aspects of their own understanding of transhumanism, are shown. Based on sketches model, basic cut of women's dress was made, as well as the modelling of the basic cut and the complete clothing items according to inspiration is made.

**Ključne riječi:** moda, kolekcija odjeće, izrada odjeće, transhumanizam.

**Keywords:** fashion, clothing collection, making of clothing, transhumanism.

#### 1. Uvod

Odjenući se (ili razodjenuti), prirodna je ljudska potreba, može se reći i čin kojim ljudsko tijelo ili osoba zauzimaju svoje mjesto u prostoru i vremenu, a time ostvaruju i prvu komunikaciju s drugima. Odjevni predmet, stvaran ili samo simboličan, komunikacija je s okolinom. Tijelo „prima“ na sebe različite materijale, koji se oblikuju s obzirom na trodimenzionalnost ljudskog tijela, a ovisno o prostoru i vremenu odijevanje dobiva značaj ne samo kao potreba i ispunjenje funkcionalnosti, već kao iskazivanje i ispunjenje želja. S obzirom da je odijevanje, kao temeljna i prirodna ljudska potreba poznato od prehistorijskog vremena, ono je svjedok povijesnih kretanja i zbivanja, te odjeće i tekstil u sebi nose sva obilježja određenog društvenog i vizualnog vremenskog i prostornog okvira. Otkrivanje povijesti putem odjevnih i tekstilnih predmeta i tvorevinu je vrlo složeno, te tijekom povijesti otkrivaju se različiti ritmovi izmjenjivanja promjena u okviru odijevanja. Danas je odijevanje slobodan čin koji svojim propitivanjima čiste likovnosti, dinamikom obnavljanja, interpretiranja, „recikliranjem“ mode koje su prethodile, prožimanjem institucionalnog i uličnog, otkriva energiju i otvorenost koja svakom pojedincu pruža potpunu slobodu u traženju vlastitog identiteta unutar modnog sustava [1]. Prilikom dizajna kolekcije odjeće, dizajner detaljno promišlja o namjeni odjevnih predmeta, funkcionalnosti, modi, vremenu u kojem nastaje kolekcija, materijalima, a također pojedina kolekcija može biti inspirirana određenom temom. U okviru ovog rada opisan je i objašnjen pojam transhumanizma, te je opisan način na koji se transhumanizam povezuje sa svjetom mode i modnim stvaranjem. U okviru eksperimentalnog dijela prikazan je dizajn autorske kolekcije odjeće inspirirane transhumanizmom, te je prikazana realizacija odabranih modela.

#### 2. Transhumanizam

Transhumanizam je način razmišljanja o budućnosti temeljen na pretpostavci da ljudska vrsta, u svom sadašnjem obliku, ne predstavlja kraj našeg razvoja već relativno ranu fazu. Transhumanizam se može definirati kao intelektualni i kulturni pokret koji prihvata mogućnost i poželjnost korjenitog poboljšanja ljudskog stanja kroz primjenu razuma, pogotovo razvijajući i dajući dostupne tehnologije dizajnirane da eliminiraju starenje ili znatno poboljšaju ljudske intelektualne, fizičke i psihološke sposobnosti [2]. Transhumanizam se također može definirati

kao pokret koji zagovara uporabu novih znanosti i tehnologija za poboljšanje ljudskih mentalnih i fizičkih sposobnosti i prirođenih vještina, te poništenje onoga što se smatra nepoželjnim i nepotrebnim aspektima ljudskog stanja, kao što su glupost, patnja, bolest, starenje i neželjena smrt [3].

Transhumanizam (skraćeno H+ ili h+) je međunarodni i intelektualni pokret koji ima za cilj transformirati ljudsko stanje u razvoju i stvaranju široko dostupne sofisticirane tehnologije, kako bi se uvelike poboljšale ljudske intelektualne, fizičke i psihološke sposobnosti. Transhumanistički mislioci proučavaju potencijalne prednosti i opasnosti od novih tehnologija koje bi mogle prevladati temeljna ludska ograničenja, kao i etiku za primjenu takvih tehnologija. Najčešća teza je da ludska bića mogu na kraju evoluirati u različita bića sa natprirodnim sposobnostima, u smislu proširenja iz prirodnog stanja, te nositi oznaku postljudska bića. Transhumanizam kao riječ prvi je upotrijebio **Julian Huxley**, brat Aldous Huxleya, istaknuti biolog koji u *Religion Without Revelation* 1927. godine piše: „Ludska vrsta može, ako to želi, nadići sebe – ne samo sporadično, pojedinac ovdje može ići u jednom smjeru, pojedinac tamo može ići u drugom smjeru - ali u svojoj srži, kao humanost. Trebamo naziv ovog novog vjerovanja. Možda će transhumanizam poslužiti: čovjek ostaje čovjek, ali nadilazeći samoga sebe realizacijom novih mogućnosti za sebe i za svoju ludsку prirodu“ [4]. Suvremeno značenje pojma transhumanizam je nagovjestio jedan od prvih profesora futurologije F. M. Esfandiary (kasnije je promijenio ime u FM-2030), koji je predavao na New School for Social Research u New Yorku 1960. godine, kada je počelo identificiranje ljudi s usvojenom tehnologijom, stilom života i s prijelaznim svjetonazorom "posthumanity" kao "transhumanity". 1990. godina se smatra kao godina temeljnog pomaka u ljudskom postojanju sa strane transhumanističke zajednice. Pod utjecajem znanstvene fantastike transhumanizam je utemeljen kao vizija transformirana u budućnost čovječanstva te je privukla množe pristaše i protivnike iz raznih područja, uključujući filozofiju i religiju. Transhumanizam je Francis Fukuyama okarakterizirao kao najopasniju ideju na svijetu, dok je Ronald Bailey uzvratio da je transhumanizam „pokret koji utjelovljuje najsmjelije, hrabre, imaginarne i idealističke težnje čovječanstva“ [4]. Transhumanizam se počeo javljati dvadesetih godina prošlog stoljeća ne samo u području znanstvene fantastike već i u cijelokupnoj književnoj literaturi. Također pojmom novih medija transhumanistička ideologija doživljava procvat, širi se diljem svijeta i nalazi sljedbenike. Transhumanističke teme postaju sve izraženije u raznim književnim oblicima tijekom razdoblja u kojem je i sam pokret nastao. Suvremena znanstvena fantastika često sadrži pozitivne prijevode tehnološki poboljšanog ljudskog života, koji su postavljeni u utopijskim (posebno tehno-utopijskim) društвima. Međutim, znanstvena fantastika je prikaz poboljšanih ljudi ili drugih postljudskih bića s opreznim pristupom, s obzirom da još uvijek u potpunosti nije definirano što odstupa od norma čovječanstva. Većinom djela znanstvene fantastike prikazuju pesimističku sliku transhumanizma gdje su u distopijskoj stvarnosti vidljive greške bioinženjeringa. U desetljećima neposredno prije transhumanizma pojavili su se transhumanistički pojmovi i teme unutar spekulativne fikcije autora Golden Age of Science Fiction, kao što su Robert A. Heinlein (Lazara Long serije, 1941-87.), AE van Vogt (Slan, 1946.), Isaac Asimov (I, robot, 1950.), Arthur C. Clarke (Childhood End, 1953.) i Stanisław Lem (Cyberiad, 1967.). Dijelo CS Lewisa, That Hideous Strength (1945.) sadrži ranu kritiku transhumanizma. U nizu SF romana Neala Asherov opisuje kopiranje memorije i ljudskih umova u kristalima i prisutnost, dobromanjernih i zlonjamernih ideja umjetne inteligencije. Cyberpunk žanr, na primjeru Williama Gibsona Neuromancer (1984.) i Bruce Sterling je Schismatrix (1985.), gdje posebnu pažnju pridaje promjeni ljudskih tijela. Izmišljeni transhumanizam scenariji su postali popularni u drugim medijima tijekom kasnog 20. i početkom 21. stoljeća. Takvi scenariji se mogu naći u stripovima (Captain America, 1941.; Iron Man, 1963.; Transmetropolitan, 1997.; The surogata, 2006.), filmovima (2001. Odiseja u svemiru 1968.; Blade Runner, 1982.; Gattaca, 1997.; Ex machina 2015.), televizijskim serijama (The CYBERMEN 1966.; Borg of Star Trek: The Next Generation, 1989.; Battlestar Galactica, 2003.), mangama i animama (Galaxy Express 999, 1978.; Appleseed, 1985; Ghost in Shell, 1989.; Neon Genesis Evangelion, 1995.; A Gundam metaseries, 1979.), video igrama (Metal Gear Solid, 1998.; Deus Ex, 2000.; Bioshock, 2007.; Half-Life 2, 2004.; Crysis, 2007.; Deus Ex: Human Revolution 2011.) i RPG igrama. Neki autori transhumanizam nazivaju premještanjem u „virtualne svjetove“, što se danas i događa, jer računala generiraju informacije – slike, a osjetila poput vizualnih efekata, taktičnih kontakata i dr. ostvaruju se posredstvom specijalnih naočala, kaciga, rukavica i sl. [5]. Predviđanja su, da će se do 2030. godine kao rezultat upotrebe novih tehnologija, provoditi modifikacije od implantanata do egzoskeleta i pojačavanja ljudskih mogućnosti – jačanje mentalnih i inih sposobnosti korištenjem tehnološko-kemijskih dodataka, a u sljedećih 75 godina počet će ugradnja mikročipova direktno u mozak [3].

### 3. Eksperimentalni rad

U okviru eksperimentalnog dijela ovog rada napravljen je dizajn mini kolekcije odjeće "The whole again". Ovakvo ime kolekcije je odabранo jer autorica kolekcije nalazi inspiraciju za svoj dizajn u vlastitom shvaćanju transhumanizma. Svaki detalj kolekcije je inspiriran nekim detaljem koji se veže uz transhumanističko shvaćanje svijeta koje možda izravno ne izgleda tako. Uz dizajn svakog modela detaljno je objašnjena

inspiracija. Kolekcija "The whole again" je podijeljena u šest serija iz razloga lakšeg tematskog shvaćanja te svaka serija sadrži jedan ili više modela. U okviru ovog rada prikazana je serija NATURALIA SUNT TURPIA koja sadrži tri modela [6]. Osmišljavanje kolekcije počinje proučavanjem literature i skiciranjem početnih skica. Sl. 1 prikazuje kreativnu igru prije stvaranja same kolekcije.



Slika 1: Kreativna igra

NATURALIA SUNT TURPIA serija sadrži tri modela koji su prikazani na sl. 2. U nastavku je opisana inspiracija transhumanizmom za svaki model.

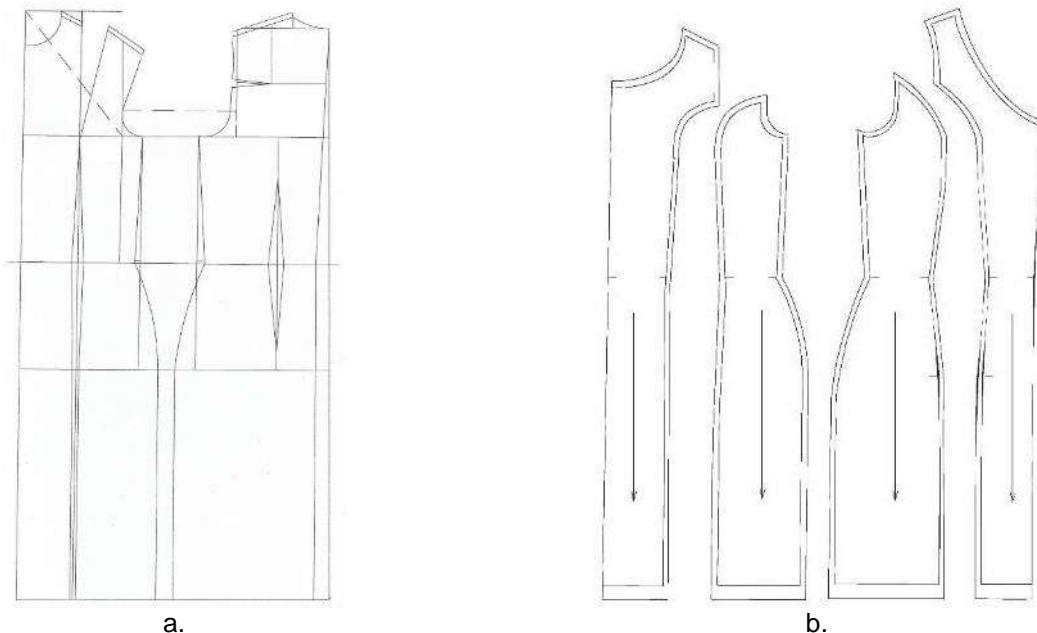
1. SKELETON (sl. 2a) je odjevni predmet koji naglašava brisanje čovjekova postojanja kao takva. Osnovna ideja je naglasak na čovjekovu srž, kostur postojanja gdje čovjek nije definiran ni spolom, ni karakterom, ni godinama, ni rasom ili religijom, nikakvim svojim opredjeljenjem već samo svojom egzistencijom. U fazi samog egzistiranja čovjeku nije potrebna hrana, ni probavni sustav, dovoljno je održavanje biološkog organizma u svrhu održavanja jedinog važnog organa mozga, kako bi u sljedećoj fazi čovjek u povezivanju s tehnologijom dosegnuo vječnost svoje egzistencije.
2. THE BIRTH (sl. 2b) je odjevni predmet komparacije i isticanja prednosti (mana) futurističke percepcije napretka znanosti. Predstavlja jednu prirodnu stranu životnog ciklusa od začeća do početka svjesnog egzistiranja u paraleli s umjetne strane životnog ciklusa i zatomljivanja nametnutog biološkog procesa života. Ovdje se sastaju dva izbora koja čovjek ima u budućnosti - jedan je prolaziti kroz sve prednosti i mane onoga što je prirodom određeno, a drugi je stvarati svoje kreacije, klonove, genetski prilagođene novom svijetu, ljudi čije sposobnosti su van današnjeg shvaćanja u svrhu viktoriziranja nad prirodom i uloge tvorca svoje sudbine.
3. THE BIRTH V.2 (sl. 2c) je odjevni predmet povezan sa THE BIRTH, te je osnovni koncept uzimanja izbora koji verzija THE BIRTH nudi. Strogo definiranje budućnosti gdje je čovjek kreator novog čovjeka, te dizajner njegovih odlika. Budućnost je ovdje odabrana kako bi čovjek bio Bog, a Bog prestao postojati. Kako priroda ne bi definirala čovjeka, već bi čovjek definirao sebe.



Slika 2: NATURALIA SUNT TURPIA serija odjevnih predmeta: a. SKELETON; b. THE BIRTH; c. THE BIRTH V2

Izrada odjeće započinje mjerenjem antropometrijskih mjera modela, izračunavanjem konstrukcijskih mjera te njihovom međusobnom usporedbom. Nakon dobivanja svih potrebnih mjera konstruira se temeljni kroj na papiru u prirodnoj veličini koji se spaja pribadačama te isproba na krojačkoj lutki. Daljnji korak je korekcija temeljnog kroja ako je potrebno. Kada je temeljni kroj završen slijedi modeliranje temeljnog kroja prema skici modela odjevnog predmeta, te se u prirodnoj veličini u papiru isprobava pristajanje na krojačkoj lutki. Ako modelirani kroj pristaje na krojačkoj lutki, započinje razdvajanje krojnih dijelova, dodavanje šavnih dodataka, krojenje materijala, šivanje probnog modela i na kraju "photo session".

Za realizaciju NATURALIA SUNT TURPIA serije konstruiran je temeljni kroj ženske haljine, koji je modeliran prema skicama. Na sl. 3a prikazana je konstrukcija temeljnog kroja ženske haljine, a na sl. 3b modelirani kroj za odjevni predmet THE BIRTH V2.



**Slika 3:** Odjevni predmet THE BIRTH V2: a. konstrukcija temeljnog kroja ženske haljine i b. modelirani krojni dijelovi ženske haljine THE BIRTH V2



**Slika 4:** Photo session izrađenog odjevnog predmeta THE BIRTH V2

Na sl. 4 prikazan je photo session izrađenog odjevnog predmeta THE BIRTH V2 iz serije NATURALIA SUNT TURPIA.

#### 4. Zaključak

Transhumanizam je danas prisutan u gotovo svim segmentima života, pa tako i u modnoj industriji. Cilj ovog rada je bio dizajnirati kolekciju odjeće inspiriranu transhumanizmom. Kroz proučavanje, učenje i promišljanje o samom transhumanizmu kao filozofiji, dizajn kolekcije odjevnih predmeta dobio je novu dimenziju. Ono što je važno u dizajnu kolekcije, jest dati dozu umjetnosti, pokreta i emocija, ispisati priču kroz linije, oblike i boje; izraditi poeziju kroz fotografiju. Kako transhumanizam obuhvaća mnoge aspekte ne samo ljudskog životnog ciklusa već i mnogih pseudo znanosti i znanosti, dozvoljava mnogo slobode u kreativnosti, pruža užitak u stvaranju te je jedna od može se reći znanosti gdje je svatko stvaratelj, dizajner i autor sebe samoga i svijeta oko sebe.

S obzirom na složenost pojma transhumanizam i njegovog utjecaja na modu, u radu je prikazan dizajn samo dijela kolekcije (ukupno 3 modela) koji je odraz autoričinog shvaćanja i tumačenja pojma i postavki transhumanizma. U prikazanoj mini kolekciji odjeće inspirirane transhumanizmom, osim dizajna i oblikovanja modela odjeće, važan je ambijent, okruženje, stanje uma i duha ne samo dizajnera već i modela, važni su materijali i transparentnost promatrača. Kolekciju odjeće u ovom slučaju ne čini samo odjeća već i modni dodaci, poznavanje ljudske svijesti, ljudske prirode, te naravno sama priroda stvorenog svijeta. Prikazani rezultati nisu samo dizajn, već cjelokupna realizacija modela odjeće inspiriranih temom transhumanizma, počevši od odabira tekstilnih materijala, konstrukcije temeljnog kroja, modeliranja, provjere izrađenog kroja odjeće, krojenja materijala, šivanja iskrojenih dijelova i završno glaćanje.

#### Literatura

- [1] Cvitan-Černelić, M.; Bartlett, Dj. & Vladislavić A.T.: *Moda – povijest, sociologija i teorija mode*, Školska knjiga, ISBN 953-0-30205-3, Zagreb, (2002)
- [2] Dostupan na: <http://transhumanizam.fizika.org/> Pristupljeno: 2016-12-13
- [3] Transhumanizam i tehnotronika: Dolazi era „trans-ljudi“, spojeva čovjeka i stroja, Dostupan na <https://www.novi-svjetski-poredak.com/2015/06/02/transhumanizam-i-tehnotronika-dolazi-era-trans-ljudi-spojeva-covjeka-i-stroja/> Pristupljeno: 2016-12-15
- [4] Bostrom N.: A history of transhumanist thought, Dostupan na <http://www.nickbostrom.com/papers/history.pdf> Pristupljeno: 2016-03-22
- [5] Galović, M.: *Doba estetike*, Antibarbarus i Hrvatsko društvo pisaca, ISBN 978-953-249-115-9, Zagreb, (2011)
- [6] Ađić Ivančir, M.: *Izrada odjeće inspirirane transhumanizmom*, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet (2016)

#### Autor(i):

Doc. dr. sc. Anica HURSA ŠAJATOVIĆ; Matilda AĐIĆ IVANČIR, mag.ing.techn.text.; Doc. dr. sc. Irena ŠABARIĆ  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10 000 Zagreb, Hrvatska

Tel: +(385) (1) 37 12 551 Fax: +(385) (1) 37 12 599  
+(385) (1) 37 12 554

E-mail: [anica.hursa@ttf.hr](mailto:anica.hursa@ttf.hr)  
[irena.sabaric@ttf.hr](mailto:irena.sabaric@ttf.hr)  
[maildaaic@gmail.com](mailto:maildaaic@gmail.com)

## KREATIVNOST – DIO STEM RADIONICA U PROMICANJU KOMPETITIVNOSTI IZ TEKSTILNOG TISKA I BOJANJA TEKSTILA

### CREATIVITY – PART OF STEM WORKSHOP IN PROMOTION OF COMPETENCES IN TEXTILE PRINTING AND TEXTILE DYEING

Ana SUTLOVIĆ; Dora ŠTEFANEC; Ivana ILIČIĆ;  
Valerija LJUBIĆ; Katarina IVANIŠIN KARDUM

**Sažetak:** U radu je objašnjen pojam STEM koji predstavlja akronim engleskih riječi Science, Technology, Engineering and Mathematics. Do naglašavanja pojma STEM kao područja, problema, edukacije i sl. došlo je zbog pada interesa mladih za ova područja i svijesti da su područja koja obuhvaća pojam STEM pokretač razvoja društva. Da bi se ostvario cilj, tj. popularizirao STEM i povećao broj stručnjaka u ovom području važno je edukaciju provoditi već od osnovnoškolske dobi. Na svjetskoj razini se sve više razvija spoznaja o vrijednosti interdisciplinarnosti naspram uske specijaliziranosti i važnosti suradnje STEM stručnjaka i umjetnika, tj. razvoja STEAM-a.

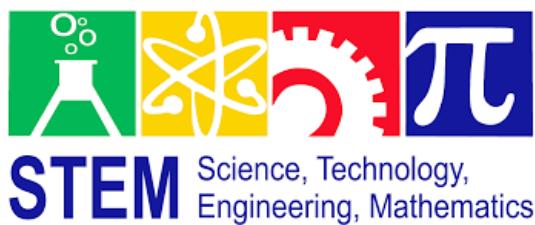
**Abstract:** The paper explains the concept of STEM which is an acronym of english words Science, Technology, Engineering and Mathematics. Emphasize the concept of STEM as fields, problems, education etc. was due to falling interest of young people in these areas. Also the problem is decline awareness that the areas covered by the term STEM are importance in development of society. In order to achieve of aim, popularization of STEM and the increase of experts in this area, it is important to implement education from primary school. At the global level is expanding awareness of the value of the interdisciplinary versus narrow specialization and the importance of cooperation STEM professionals and artists ie. development of STEAM.

**Ključne riječi:** STEM, STEAM, tehnologija, kreativnost

**Keywords:** STEM, STEAM, technology, creativity

#### 1. STEM područje

Engleski akronim STEM dolazi od riječi Science, Technology, Engineering and Mathematics (sl. 1). STEM područje obuhvaća sva ona zanimanja koja pripadaju područjima prirodoslovnih i matematičkih znanosti, tehnologije i inženjerstva [1]. Kratica je postala međunarodno primjenjiva krajem 20. stoljeća, tj. nakon Međuresornog sastanka o znanstvenom obrazovanju Američke Naklade za znanost (National Science Foundation, NSF), pod predsjedanjem tadašnje NSF ravnateljice Rite Colwell [2].



**Slika 1:** STEM područje [1]

U globaliziranom svijetu, pitanja obrazovnih postignuća, tj. ostvarivanje ishoda učenja i interes mladih prema pojedinim zanimanjima od izuzetnog su značaja. To se posebno odnosi na tehnološki sofisticirana i inovativna zanimanja iz područja STEM-a, važnima za društveni razvoj. Od devedesetih godina prema bližoj povijesti naklonost mladih upravo za takva zanimanja stalno opada. Istraživači, političari i institucije poput Europske Unije suočeni su s jasnim podacima o evidentnom nedostatku studenata u STEM programima te nedostatku pojedinih STEM stručnjaka [1]. STEM se može opisati kao kurikulum temeljen na ideji podučavanja u četiri specifične discipline: znanosti, tehnologiji, inženjerstvu i matematici kroz interdisciplinarni i primjenjiv pristup [3]. Izraz se obično koristi kada se želi usmjeriti pozornost na obrazovnu politiku, nastavni plan i program izbora u školama s ciljem povećanja konkurentnosti i kompetencija u području znanosti i tehnologije [1]. U svijetu koji postaje sve složeniji, gdje uspjeh nije samo u znanju, nego i primjenjivosti znanja, sve važnije postaje

ovladavanje mladih znanjem i vještinama kako bi bili uspješni u rješavanju složenih problema [4]. Međutim, osim „STEM edukacije“, javljaju se i sljedeći pojmovi „STEM područje“, „STEM problem“, „žene i STEM“ i sl. Za razliku od postojeće edukacije, STEM naglašava učenje u različitim okolinama i prezentira kako se znanstvene metode mogu primijeniti u svakodnevnom životu. Naglašeno je analitično razmišljanje i rješavanje stvarnih, često interdisciplinarnih problema. Naučinkovitije je sa STEM edukacijom početi u predškolskoj i osnovnoškolskoj dobi. U osnovnoj školi STEM obrazovanje fokusira se na upoznavanju razina STEM-a kao i na stvaranje svijesti o STEM područjima i zanimanjima. Cilj je potaknuti znatiželju, želju i interes u djeci za odabir životnih poziva unutar područja koje obuhvaća STEM. Ovakvi programi mogu se uspješno provoditi u sklopu nastave, vannastavnih i vanškolskih aktivnosti. Nadalje, u srednjoj školi gdje obrazovanje postaje rigoroznije i izazovnije. Svijest učenika o STEM područjima je još u razvoju sve dok ne dođe do akademskog zahtjeva za nekim područjem. Tada počinje studentsko karijerno istraživanje u području prirodnih znanosti, fizike, strojarstva, neurobiologije, astrofizike, računovodstva, niskogradnje, astronomije, biokemije, psihologije, statistike, elektrotehnike, programiranja i dr. [5]. Kvalitetna edukacija kod djece, kasnije na akademskoj razini otvara put u STEM područja i zanimanja kao i mogućnost pripreme za naknadno obrazovanje i zapošljavanje. Osim toga, STEM-ov kurikulum je usmjerjen prema podzastupljenoj populaciji. U slučaju odabira STEM područja djevojke su u mnogo manjoj mjeri zainteresirane te preferiraju znanstvena polja kao što su biologija, kemija i sl. U studentskoj populaciji, mladići su u tri puta većoj mjeri zainteresirani za STEM karijeru [3].

## 2. Kreativnost – neizostavan dio STEM-a

Povezanost STEM-a i kreativnosti proizlazi iz same ideje i potrebe nastanka pojma STEM. Naime, u ozračju ekonomске nesigurnosti, Amerika se još jednom okrenula inovaciji kao pokretaču i temelju osiguranja bolje budućnosti. Inovacija je čvrsto povezana sa znanosću, tehnologijom, inženjerstvom i matematikom, područjima STEM-a, a bilo je očigledno da se još jedno područje mora uključiti u jednadžbu. Za ekonomski rast uz STEM područje važna je snaga kreativnosti [7,8]. Spoznajom da kreativnost i dizajn mogu pomoći u transformiranju ekonomije 21. stoljeća, kao što su to znanost i tehnologija učinili u prošlom stoljeću, u jednadžbu je uveden pojam „kreativnost“ („Art“) pa se tako STEM transformiramo u STEAM. STEAM je pokret koji je zagovarala Rhode Island Škola Dizajna i koji je široko usvojen od strane institucija, korporacija i pojedinaca. Ciljevi pokreta STEAM-a su: transformirati politiku istraživanja i staviti kreativnost i dizajn u središte STEM-a, poticati integraciju kreativnosti i dizajna sa ostalim područjima te utjecati na poslodavce da zaposle umjetnike i dizajnere za osmišljavanje inovacija [6]. Budućnost inovativnog razmišljanja u STEM disciplini potiče na to da se razbije razlika između disciplina koje se tradicionalno smatraju "kreativnima" kao umjetnost ili glazba, i STEM disciplina koja se tradicionalno smatraju kruće ili logički-matematičke. Najistaknutiji mislioci u područjima kao što su znanost ili matematika su često vrlo kreativni pojedinci koji su duboko pod utjecajem interesa i znanja iz područja glazbe, likovne umjetnosti i sl. U tom svjetlu, STEAM je postao bitna paradigma za kreativna i umjetnički prožeta poučavanja i učenja u znanosti [7, 8]. Vrijednost umjetnosti u STEM disciplini već dugo je poznata. U povjesnim zapisima mnogih velikih znanstvenika i matematičara, jasno je da su granice između umjetnosti i znanosti ili glazbe i matematike fluentnije nego konvencionalne paradigmе učenja. Slojevitost pitanja i složeni problemi danas zahtijevaju interdisciplinarne profesionalce. Poučavanje i učenje koje povezuje umjetnost i znanost je bitno jer povjesni dokazi pokazuju da su ove veze već urođene za naučinkovitije i inovativne STEM stručnjake. Neki ključni rezultati provedeni uključivanjem STEM-a u obrazovanje pokazuju da nastava temeljena na umjetnosti dovodi do povećanja motivacije, interesa i učenja u ovim područjima. Mnogi nastavnici tvrde da STEM-u nedostaje ključni set komponenti kreativnosti. Kreativnost, tj. vještine sažete pod slovom "A" – art, umjetnost jednako su važne za poticanje natjecateljstva i inovacija. Učenička postignuća kroz vještine temeljene na praksi su povećane, a što je još važnije, učenici nisu samo povećali ishode učenja unutar discipline, nego su i između disciplina imali priliku istražiti veze između umjetnosti, glazbe, matematike, znanosti i sl. [7].

## 3. Realizacija STEM radionica u području tekstilnog tiska i bojanja tekstila

STEM radionice COLORINA Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet (TTF) organizira od 2012. godine. Idejna začetnica COLORINE je izv. prof. dr. sc. Ana Sutlović, a osim nje voditeljice radionice su djelatnice Zavoda za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju, izv. prof. dr. sc. Martinia Ira Glogar, doc. dr. sc. Sandra Flinčec Grgac, doc. dr. sc. Anita Tarbuk, dr. sc. Tihana Dekanić, dr. sc. Lea Botteri i Katia Grgić, dipl. ing [9, 10]. U realizaciji radionica pomažu brojni studenti TTF-a, a rado se uključuju studenti koji su na TTF-u u sklopu ERASMUS programa. Cilj ovih radionica je promicanje i podizanje kompetitivnosti u području tekstila, tekstilnog tiska i bojanja tekstila te razvoj svijesti o ljestvici i važnosti inženjerstva u razvoju društva. Radionice se tradicionalno održavaju u božićno vrijeme, u travnju, u sklopu Festivala znanosti te krajem školske godine, u lipnju. Do sada je organizirano 11 radionica COLORINA (tab. 1). Šest radionica održano je u Zavodu za

tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju na lokaciji Savska 16/9 (TTF), četiri u Tehničkom muzeju Nikola Tesla (TMNT) te jedna u prostorijama župe Majke Božje Lurdske u Zagrebu (MBL).

**Tablica 1:** Evidencija održanih COLORINA

Redni broj	Datum održavanja	Mjesto održavanja	Broj djece
1.	27. 6. 2012.	TTF	2
2.	28. 6. 2013.	TTF	6
3.	26. 12. 2013.	TTF	8
4.	27. 6. 2014.	TTF	13
5.	25. 4. 2015.	TMNT	100
6.	13. 6. 2015.	TTF	18
7.	12. 12. 2015.	TMNT	52
8.	23. 4. 2016.	TM	100
9.	14. 5. 2016.	MBL	9
10.	17. 6. 2016.	TTF	18
		TMNT	60
11.	10. 12. 2016.	TMNT	16

Kroz radionice djeca se upoznaju metodama pripreme bojila i tiskarskih pasta, tehnikama sito i digitalnog tiska te oslikavanja pigmentnim bojilima pri čemu jednostavno spoznaju povezanost tehnologije, znanosti i umjetnosti (sl. 2 a.-c.). Djeci primjereni sadržaji i teme približavaju ljepotu rada u laboratorijima, ali i svijest o potrebi zaštite i opreza pri radu u laboratoriju, npr. važnost nošenja zaštitne odjeće (sl. 2 d.).

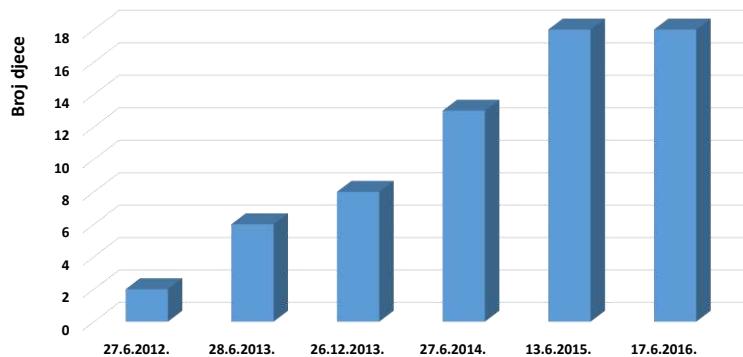


**Slika 2:** STEM radionice COLORINA

Na radionicama organiziranim u Tehničkom muzeju Nikola Tesla u sklopu Festivala znanosti (sl. 2 e.) sudionici COLORINA upoznaju se s pigmentnim bojilima koja se mogu koristiti za postizanje obojenih efekata na tekstilnim materijalima raznog sirovinskog sastava, lako se fiksiraju, a proizvode se u iznimno širokoj paleti tonova. Zbog toga su pogodna za izradu hobi proizvoda i izražavanje osobne kreativnosti. Posjetitelji mogu sami obojati tekstilne predmete, izraziti svoju osobnost i ponijeti lijepi suvenir koji će ih podsjećati na Festival znanosti i susret s nastavnicima i studentima TTF-a. Teme radionica prilagođene su temi Festivala znanosti. Na 5. COLORINI 2015. godine oslikavane su torbice s temom „Boje Sunca“, a godine 2016. na 8. COLORINI tekstilne omotnice za bilježnice s temom „Znanost i umjetnost u bilježnicu“.

Na COLORINAMA u sklopu Festivala znanosti prezentirana je suradnja s djelatnicama i štićenicima Centra za rehabilitaciju Orlovac koji su pod vodstvom Viktorije Kostelac Brletić, Blanke Puhak Stančić, te studentica TTF-

a Dore Štefanec, Ivane Iličić i Valerije Ljubić, pokazali višegodišnje iskustvo u oslikavanju tekstila (sl. 2 f.). Na 7. COLORINI održanoj 12. prosinca 2015. godine, u Tehničkom muzeju Nikola Tesla djeca su se upoznala s termokromnim bojilima. Termokromna bojila mijenjaju ton boje pri zagrijavanju odnosno hlađenju te se osim u realizaciji dizajnerskih ideja uspješno primjenjuju u području medicinskog tekstila. Ova bojila su djeci približena preko soba Rudolfa čija je njuškica izgubila boju kada su je primili u ruke. Događanje je popraćeno i u emisiji Hrvatske televizije Društvena mreža, 7. siječnja 2016. godine. Broj djece na radionicama COLORINE limitiran je prostorom u kojem se održavaju. Iz grafičkog prikaza na slici 3, uočava se da je brojnost djece na COLORINAMA u Zavodu za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju TTF-a sve veća te su na temelju pozitivne prakse sa Festivala znanosti adventske COLORINE preselile u Tehnički muzej Nikola Tesla. Brojnost djece na Festivalu znanosti je iznimna i limitirana trajanjem radionice te iznosi oko 100 posjetitelja po radionici (tab. 1). Primjećen je i bitan utjecaj načina oglašavanja putem internetskih stranica TTF-a, društvenih mreža i medija.



**Slika 3:** Brojnost djece na COLORINAMA u Zavodu za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta

Međutim, dodatne motivacije u obliku COLORINA kartice i veselog obroka nikada nisu na odmet (sl. 2 g.). Na karticama djeca za svaki dolazak dobivaju pečat, a kada ih sakupe osam (osam slova u riječi COLORINA) poštom dobiju nagradu na kućnu adresu. U prosincu su teme COLORINA prilagođene adventskom vremenu i nadolazećem Božiću. Osobito u božićno vrijeme djeca na radionice rado dolaze sa roditeljima, bakama i djedovima te se u obiteljskom ozračju tiskaju i oslikavaju adventski vjenčići, jaslice, kuglice za bor [9]. U lipnju 2016. godine učinjen je veliki iskorak održavanjem COLORINE u Tehničkom muzeju Nikola Tesla u sklopu izložbe „Priroda – laboratorij boja; Tradicionalno tehnološko znanje“, pod vodstvom jedne od autorica izložbe Katarine Ivanišin Kardum te studentica TTF-a Dore Štefanec, Ivane Iličić i Valerije Ljubić (sl. 4). U sklopu ovih radionica sudionici su koristili prirodne vodene boje tj. bojila ekstrahirana iz biljaka luka, oraha, bora, kamilice, broća i šipka [10, 11]. Viša muzejska pedagoginja, Katarina Ivanišin Kardum je COLORININU – Radionicu o prirodnim bojilima, uz pomoć dipl. ing. Branke Brkić, održala u sklopu Dana europske baštine 2016. godine [10, 12], te suradnju Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta i Tehničkog muzeja Nikola Tesla predstavila na Skupu mujejskih pedagoga u Varaždinu.



**Slika 4:** COLORINA – radionica o prirodnim bojilima u sklopu izložbe „Priroda – laboratorij boja; Tradicionalno tehnološko znanje“

## 4. Zaključak

STEM obrazovanje, osobito u kombinaciji s kreativnošću, od velike je važnosti za sve zemlje koje žele ojačati svoj nacionalni status. Da bi se to postiglo, zemlja mora imati kreativne učenike kojima je to omogućeno u sustavu osnovnoškolskog obrazovanja. Bitno je uvesti djecu u područja kojima se bavi STEM te ih motivirati da nastave obrazovanje na akademskoj razini te postanu stručnjaci koji su spremni za kreativno rješavanje problema i mogu konkurirati na globalnoj razini. STEM radionice COLORINA predstavljaju veliki doprinos poticanju interesa kod djece predškolske i osnovnoškolske dobi prema tekstilnoj tehnologiji. Djeca se imaju priliku upoznati s iznimno širokim područjem tekstilnog tiska i bojanja tekstila od oslikavanja tekstila preko sito do digitalnog tiska te od primjene prirodnih bojila preko pigmentnih bojila do inovativnih termokromnih bojila. Može se zaključiti da brojnost djece na radionicama bitno ovisi o raspoloživom prostoru, trajanju radionice, terminu održavanja i načinu oglašavanja. Naime, najposjećenije su radionice subotom u velikoj dvorani Tehničkog muzeja Nikola Tesla kada je održavanje COLORINE oglašeno putem medija i društvenih mreža, a djeca dolaze u pratinji obitelji. Potvrda uspješnosti ovih programa i motivacija za daljnji rad i angažman svakako je broj djece koja se rado vraćaju na COLORINU te se može pratiti njihov osobni rast i razvoj, ali i interes i širina znanja iz područja bojanja i tiska tekstila. Doprinos STEM-u COLORININI radionica može se promatrati i kroz socijalnu komponentu tj. kroz suradnju sa štićenicima Centra za rehabilitaciju Orlovac, stvaranje novih prijateljstva te obiteljsko druženje. Dobar smjer razvoja STEM radionica COLORINA potvrđuje i u društvu prisutan trend da se STEM programima pridružuje slovo A koje simbolizira „art“, tj. područje umjetnosti, kreativnosti. Budućnost STEM COLORINA svakako je u suradnji s drugim institucijama poput muzeja, vrtića, osnovnih i srednjih škola uz naglašavanje ideje STEAM-a.

## Literatura

- [1] Burišić, J.: JOBSTEM HRZZ IP-09-2014-9250; *Dostupno na:* <http://www.jobstem.eu/o-projektu/> *Pristupljeno:* 2016-12-29
- [2] Kuenzi, J. J.: Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: Background, Federal Policy, and Legislative Action, *Congressional Research Service*, 2008.
- [3] *Dostupno na:* <http://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html> *Pristupljeno:* 2016-12-21
- [4] *Dostupno na:* <http://www.ed.gov/stem> *Pristupljeno:* 2016-12-21
- [5] *Dostupno na:* <https://prezi.com/zzfb-h-kwsii/including12-physics-actuarial-science-chemistry-mathem/> *Pristupljeno:* 2016-12-21
- [6] *Dostupno na:* <http://stemtosteam.org/> *Pristupljeno:* 2016-12-28
- [7] Henriksen., D.: Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices, *Dostupan na:* <http://scholarship.claremont.edu/steam/vol1/iss2/15/> *Pristupljeno:* 2016-12-28
- [8] Kanematsu, H.; Barry M.D.: STEM and Creativity, *Dostupan na* [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-19234-5\\_3](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-19234-5_3) *Pristupljeno:* 2016-12-29
- [9] Sutlović, A.: Colorina Junior & Christmas, *Glasnik Hrvatske udruge bivših studenata i prijatelja TTF-a.*, (2014.) 11, str. 16-17, ISSN 1846-6494
- [10] Sutlović, A.: Sretan 10. Rođendan, COLORINA!, *Glasnik Hrvatske udruge bivših studenata i prijatelja TTF-a.*, (2016.) 13, str. 28, ISSN 1846-6494
- [11] Ivanišin Kardum, K., Crnčević, M.: *Priroda – laboratorij boja, tradicionalno tehnoško znanje*, Tehnički muzej Nikola Tesla, ISBN 978-953-6568-48-2, Zagreb, 2016.
- [12] Trupković, D. (ur.): *Dani europske baštine*, publikacija Ministarstva kulture Republike Hrvatske, ISSN 2459-6280, 2016.

## Autori:

Izv. prof. dr. sc. Ana SUTLOVIĆ; Dora ŠTEFANEC, univ. bacc. ing. des. text.; Ivana ILIČIĆ, univ. bacc. ing. des. text.; Valerija LJUBIĆ, univ. bacc. ing. des. text.

Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb

Tel: +385 1 48 77 365

Fax: +385 1 48 77 354

E-mail: [ana.sutlovic@ttf.hr](mailto:ana.sutlovic@ttf.hr)  
[dora.stefanec@gmail.com](mailto:dora.stefanec@gmail.com)  
[ivanic333vtc@gmail.com](mailto:ivanic333vtc@gmail.com)  
[valerija.kc@gmail.com](mailto:valerija.kc@gmail.com)

MA RCA Katarina IVANIŠIN KARDUM, viša muzejska pedagoginja  
Tehnički muzej Nikola Tesla  
Savska 18, 10000 Zagreb  
Tel: +385 1 48 44 050

E-mail: [katarina.ivanisin.kardum@tmnt.hr](mailto:katarina.ivanisin.kardum@tmnt.hr)

# IZRADA REPLIKE MUŠKE NARODNE NOŠNJE VARAŽDINSKOG KRAJA

## PRODUCTION OF MALE FOLK COSTUME REPLICAS FROM VARAŽDIN AREA

Romana GREGANOVIĆ; Željko KNEZIĆ; Željko PENAVA; Agata VINČIĆ & Josip PETRIC

**Sažetak:** U ovom radu opisana je muška narodna nošnja dijela Podravine – iz okolice Varaždina. Nasušna je potreba sačuvati originalne uzorke nošnje, a za povremenu upotrebu nužno je izraditi replike koje će dostoјno zamijenit originalne. Opisani su materijali, postupci, tehnike te naprave i strojevi koji su potrebni pri izradi replika. Posebna pozornost posvećena je prikazu i opisu krojeva koji su izrađeni temeljem analize originalnih uzoraka muške narodne nošnje. Navedeni su postupci, radne operacije i slijed izrade replike jedne muške narodne nošnje iz bogate tradicijske baštine Varaždinskog kraja, Podravine i Međimurja.

**Abstract:** In this paper, a male folk costume from the part of Podravina is described - from the vicinity of Varaždin. There is an urgent need to preserve the original samples of costumes, but for occasional use it is necessary to make a replica that will worthily replace originals. Materials, methods, techniques and devices and machines that are necessary for making a replica are described. Special attention was paid to the presentation and description of the cuts that are made on the basis of analysis of samples of the original men's costumes. Procedures, working operations and the sequence of making replicas of one male folk costumes from the rich traditional heritage of Varaždin area, Podravina and Međimurje are listed.

**Ključne riječi:** Muška narodna nošnja Varaždinske okolice, lan, konoplja, izrada krojeva, krojenje i šivanje

**Keywords:** Men's folk costume from Varaždin surroundings, flax, hemp, making cuts, cutting and sewing

### 1. Uvod

Narodna nošnja razvila se od jednostavnih odjevnih predmeta kmetskog, odnosno seoskog stanovništva. Žene su vodile brigu o kreiranju i izradi odjeće za sve ukućane. Nošnja koju odijeva stanovništvo određenog područja otkriva kulturu, povijest, vještine, stvaralački domet i tradiciju kraja. Svaku životnu fazu, svaki događaj i značajnu promjenu u životu može se prepoznati po onome što osoba ima na sebi - u nošnji za tu prigodu, (svečana, radna, svadbena, posmrtna). Nošnja se održala do današnjih dana zahvaljujući usmenoj predaji i aktivnostima u folklornim društvima koje se njeguju generacijama. Narodna nošnja iz okolice Varaždina spada u jednostavnije nošnje. Kmetovi, seljaci i težaci živjeli su skromno, pa i sama nošnja je skromna. Rađena je od ručno tkanih materijala koji su seljaci sami proizvodili – pređe lana i konoplje. Posljednjih godina zbog želje da se očuvaju običaji, plesovi, a nedostatkom originalnih materijala, replike nošnji izrađuju se od industrijski proizvedenih pamučnih tkanina. Pri izradi nošnji nastoje se zadržati oblici i krojevi originalnih predložaka uz korištenje suvremenih (kako kome dostupnih) strojeva i naprava [1].

### 2. Materijali za izradu tkanina za narodne nošnje

Lan i konoplja su predstavnici biljaka od kojih se dobiva prirodno vlakno za ispredanje pređa kojima se tkanjem dobiju tkanine za narodne nošnje. Pretpostavlja se da je lan najstarija vlaknasta biljka umjerene i hladnije klime poznata svim starima narodima, a postoje dokazi da su i Stari Egipćani dobro poznivali tehnologiju izrade lanenih tkanina[2]. Kontinentalno područje sjeverozapadne Hrvatske, a naročito uz rijeku Savu, Kupu, Dravu i dio Hrvatskog Zagorja, poznato je po uzgoju lana do druge polovice XX stoljeća [3]. Ozimi lan sije se u rujnu ili listopadu, a jari u ožujku i travnju. Najbolje vrijeme za čupanje lana je kad požuti donja trećina stabljike - ozimi lan čupa se krajem lipnja, a jari sredinom kolovoza [4, 5, 6]. Nakon čupanja stabljike i sušenja stabljike uklanjalo se sjeme, a zatim je slijedilo namakanje, pa sušenje. Vlakna su se razdvajala i oslobođala drvenastog dijela da bi se omogućilo ispredanje pređe žljene finoće (od vrlo finih svilenkastog opipa, do oštih i grubih) od kojih su namjenski ručno tkane tkanine sa određenim svojstvima ovisno o daljnjoj primjeni. Konoplja (*cannabis sativa*) je jednogodišnja dvodomna biljka koja sadrži celulozno vlakno u svojoj stabljici; može narasti više od 3 metra visine, a korijen može prodrijeti i do 2 m u dubinu. Biljka konoplja (*Cannabis sativa*) navodno je porijeklom iz srednje Azije, otkud je dospjela u Europu, a može se podijeliti u tri podvrste. Za iskorištavanje u tekstilnoj i ostalim industrijama pogodna je industrijska konoplja, vlaknasti je tip, sadrži manje od 0,25% THC-a (tetrahidrokanabinola) koji je psihoaktivni sastojak, a veći udio je CBD-a (kanabidiol) koji je antipsihoaktivran [7, 8] U našem podneblju sije se u travnju i svibnju, a sazrijeva u roku od 90 – 180 dana. Za područje tekstila

posebno je zanimljiva stabljika konoplje iz koje se posebnim postupcima izdvoje vlakna za: pređu, užad, netkane tekstilije i tvorevine potrebne pri izradi kompozitnih materijala. Zbog dobrih apsorpcijskih svojstava, optimalne propusnosti zraka i pare, te dobrih higijenskih svojstava, (ne djeluju alergijski), od tkanine konoplje izrađivala se radna i zaštitna, ali i svakodnevna odjeća [12]. Pored niza dobrih svojstava, postoje i nedostaci konopljinih tkanina: tvrde su i hladne na opip [9], što postavlja određena ograničenja na širinu primjene. Postupak dobivanja vlakna konoplje je gotovo isti kao i lanenog vlakna.

### 3. Muška svečana narodna nošnja iz okolice Varaždina

Za mušku nošnju Zagorja a tako i okolice Varaždina karakteristične su široke bijele gaće (*breguše*) i bijela košulja - rubača, (*robača*). Košulja se uvijek nosila van (preko) gaća. Gaće, ako su se nosile čizme (škornje), bile su utaknute, dok se u nekim područjima Zagorja gaće nosile izvan škornji samo prigodom svečanih prilika ili kad se išlo u crkvu. Sastavni dio nošnje bio je prsluk (*lajbec*), obojci (*nuče, obonjki*) i šešir (*škrlak*).



**Slika 1:** Muška narodna nošnja: a. KUD Trnovec, b. Udruga Hajdina, c. Detalj prsnog dijela muške košulje - Udruga Hajdina, d. Detalj završetaka nogavica muških gaća - Udruga Hajdina

Primjer muške nošnje, gaća i košulje koje će se nadalje analizirati i uspoređivati prema izvornom uzorku i priručniku za rekonstrukciju narodne nošnje [10] dolazi iz privatne zbirke sa područja Trnovca Bartolovečkog i Kućana Gornjeg. Nošnje se koriste za folklorne nastupe Kulturno umjetničkog društva *Mak* iz Trnovca (sl. 1a.) i Udruga za očuvanje tradicijske kulturne baštine Kućana i Zbelave *Hajdina* (sl. 1b.) [1]. Replika nošnje za KUD *Mak* rađena je temeljem podataka dobivenih usmenom predajom. U ovom radu obrađena je nošnja udruge *Hajdina*, koja je rađena prema originalnom uzorku narodne nošnje sa područja Varaždina iz 1929. godine, (original izvorne nošnje pohranjen je u Gradskom muzeju Varaždin).

### 4. Izrada replike muške narodne nošnje

Zbog potrebe očuvanja originalnih uzoraka narodne nošnje, a i potrebe pojavljivanja u javnosti po prigodi u tradicijskom stilu (u narodnoj nošnji kojih nema dovoljno), nužno je pribjeći jedinom mogućem rješenju – izradi replike. Nastoji se odabratи što sličnije materijale, a potrebni krojevi se izrađuju analizirajući originalne predloške.

#### 4.1. Priprema

Za izradu košulje i gaća (replike muške narodne nošnje prema nošnji udruge Hajdina) potrebno je:

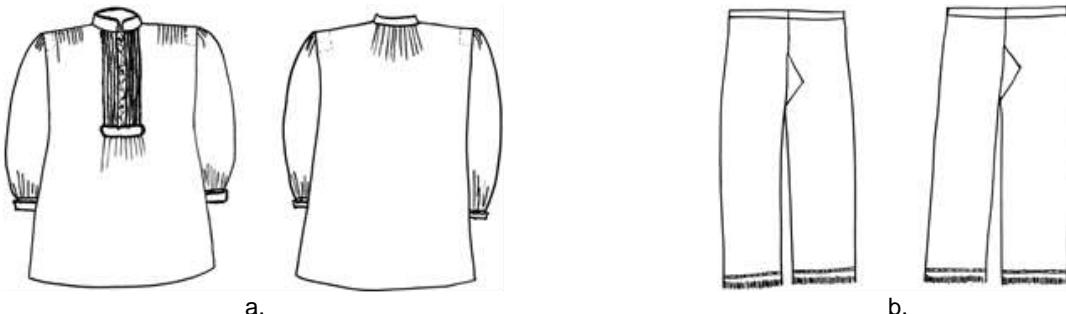
- oko 6,70 m dužine lanene tkanine (u širini 76 cm). Lanena tkanina je tkana na ručnom tkalačkom stanu u širini oko 76 cm, vez – platno, gustoće niti: 12 niti osnove na 1 cm i 12 potke na 1 cm. Za tkanje upotrijebljena je ručno predena lanena pređa. Nakon tkanja tkanina je oprana sa blagim tekućim sredstvom za pranje pri 40°C i sušena u vodoravnom položaju na otvorenom. Glačana na niskim temperaturama ručnim glaćalom uz visoku vlažnost tkanine.
- Strojni šivači konac 80 Rubin sastava 60% PES i 40% pamuk, 125 tex.
- Pamučni mercerizirani konac za ručno vezenje – Runolist
- Šest dugmadi bijele boje promjera 1 cm sa dvije rupice.

Za šivanje može se upotrijebiti:

- univerzalni šivači stroj (dvostuki zrnčani šivači ubod tip 301) i
- specijalni šivači stroj za opšivanje (opšivajući lančani šivači ubod tip 504).

Dodatni pribor: krojačke škare, cvik škare, igla za kukičanje, ručna igla i napršnjak, mjerna traka, krojačka kreda, glaćalo.

#### 4.2. Opis modela i skica

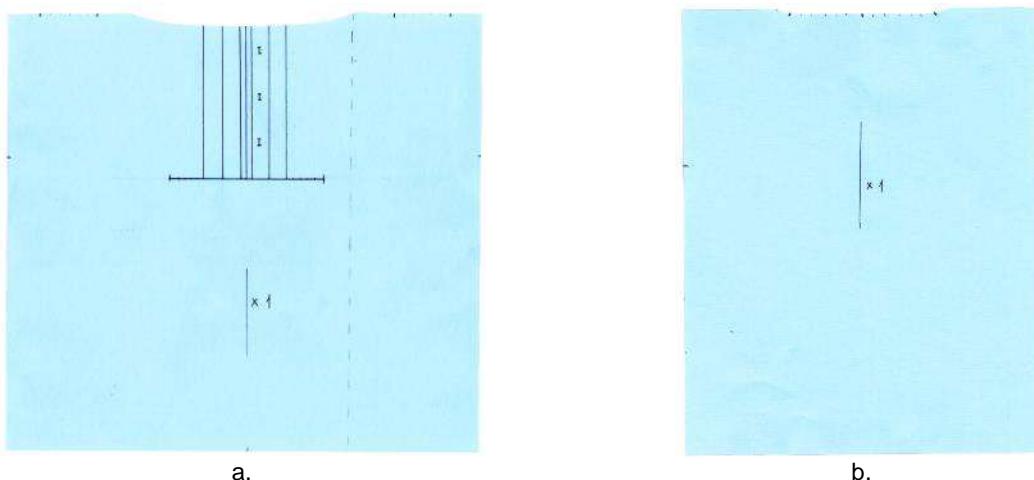


**Slika 2:** Skica muške narodne nošnje: a. košulja (prednji dio i leđa), b. gaće

Muška košulja je ravna po cijeloj dužini (i u struku). Na prednjem dijelu je rezana do visine pojasa sa preklopom. Jednostruko kopčanje sa tri dugmeta i jednim na ovratniku. Na kraju prsnog proreza nalazi se poprečna letvica. Ispod poprečne letvice nastavljaju se nabori. Ovratnik zaobljenih vrhova je od jednog dijela. Jednostruka naramenica sa naborima na prednjoj i leđnoj strani, pojačana dodatnom tkaninom na vrhu ramena. Rukavi su dugi sa naborima u ramenu i po duljini rukava. Orukvica prekopljena i zaobljenih rubova. Prjni dio košulje, poprečna letvica, ovratnik i orukvica ukrašeni su ručnim vezom. Gaće su ravnog širokog kroja. Nogavice gaća završavaju resicama. U pojusu je provučena traka od tkanine. Na duljini koraka ušiven je četvrtasti dio tkanine radi komotnijeg kretanja. Uvidom u originalnu nošnju vidljivo je da su košulja i gaće krojene od jedne širine tkanine koja je ovisila o širini tkanja na tkalačkom stanu. Mjere dužine gaća, košulje, rukava, orukavlja, ovratnika i orukvice kao i duljina koraka izmjereni su na originalnoj nošnji. Plan operacije rada prikazan je prema mogućem redu izvođenja.

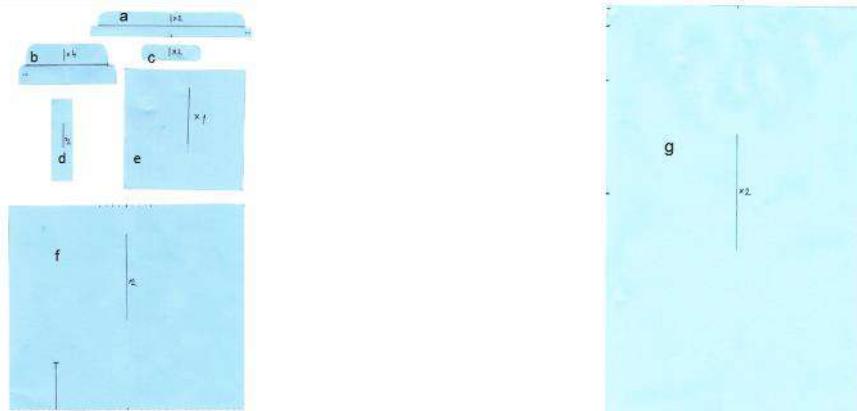
#### 4.3. Krojni dijelovi

Prema utvrđenim mjerama rađeni su krojni dijelovi. Na krojne dijelove dodani su šavni dodaci.



**Slika 3:** Muška narodna nošnja, „kopiran“- kroj za: a. prednji dio košulje, b. stražnji dio košulje

Dužina prednjeg dijela košulje (sl. 3a.) iznosi 95 cm. Širina u prsnom dijelu je 76 cm. U bočnom dijelu košulje, uz ivicu, po cijeloj dužini, ručnim bodom je prišiveno proširenje od 19 cm te je dobivena širina 105 cm. Na sredini prednjeg dijela košulje je okomiti prorez od 33 cm. Na kraju okomitog proresa od sredine na lijevu i desnu stranu nalazi se vodoravni prorez od 17 cm. Uz okomiti prorez na lijevu i desnu stranu formiraju se letvice sa rubom od 1 cm i širinom letvice od 4 cm. Prsna letvica na koju se kasnije prišiva dugmad rubi se prema nutarnjoj strani košulje, dok se gornja na kojoj se kasnije izrađuju rupice radi prema vanjskoj strani košulje. Letvice se polažu jedna iznad druge. Od letvica na obje bočne strane na 2 cm razmaka u četiri okomita reda prošivaju se uski ušici od 2 mm za ručnu izradu veza.



**Slika 4:** Muška narodna nošnja – dijelovi krojne slike: a) ovratnik (2 kom), b) orukvica (4 kom), c) prsna letvica (2 kom), d) pojačanje za rame (2 kom), e) umetak između nogavica „za duljinu koraka“ (1 kom), f) rukav (2 kom), g) prednji i stražnji dio nogavica gaća (2 kom)

Od tkanine ispod vodoravnog prsnog izreza oblikuju se nabori tako da su dužine 17 cm kao i gornji sa okomitim letvicama i ušicima. Poprečna letvica (sl. 4c.) koja se našiva i prekriva vodoravni izrez dužine je 18 cm. Vratni izrez je malo zaobljen. Ukupna dužina prednjeg vratnog izreza nakon oblikovanja ušitaka i prsnih letvica iznosi 30 cm odnosno 15 cm sa svake strane. 8 cm na ramenu od vratnog izreza je krov ravni i 7 cm od orukavlja. Ukupna dužina ramena iznosi 20 cm sa svake strane nakon izrade 7 nabora od 1 cm. Rukav se ušiva na prednjem dijelu košulje 31 cm od ramena. Stražnji dio košulje (sl. 3b.) je 95 cm dužine i 76 cm širine. Stražnji vratni izrez je blago zaobljen. Dužina ramena iznosi 20 cm. Rukav se ušiva 33 cm od ramena. Pojačanja u ramenu (sl. 4d.) su dužine 25 cm i 7 cm širine. Rukav je dužine 65 cm širine 76 cm (sl. 23f.). Na stražnjem dijelu na dužini rukava 15 cm od ruba tkanine je raspored 15 cm. Na gornjem dijelu rukava od sredine prema prednjem i stražnjem dijelu nalazi se sedam nabora, pa širina rukava nakon izrade nabora iznosi 64 cm. Na duži rukava izradi se više malih nabora. Orukvica (sl. 4b.) je iz jednog komada tkanine dužine 30 cm. Uži dio iznosi 5 cm, gornji dio je kraći za 4 cm i širine 6 cm zaobljen na vrhovima. Ovratnik (sl. 4a.) je u jednom komadu: uži dio širine 2,5 cm i dužine 50 cm, a širi širine 5 cm i dužine 45 cm. Nogavice gaća (sl. 4g.) su duge 120 cm široke 76 cm. Gornji porub iznosi 5 cm. Četvrtasti umetak (sl. 4e.) dimenzija 38 x 38 cm ušiva se između nogavica na prednjem dijelu 13 cm od gornjeg ruba nakon izrade poruba i 15 cm na stražnjem dijelu nakon izrade poruba. Vrppa je izrađena od ostataka tkanine širine 1 cm dužine 120 cm.

#### 4.4. Plan tehnoloških operacija izrade

Prema krojnim dijelovima izrađen je plan tehnoloških operacija za muške gaće (tablica 1) i mušku košulju (tablica 2). Opis sredstva rada i upotrijebljene kratice prikazane su u tablici 3. Pošto se radi o specifičnom odjevnom predmetu s mnogo ručnog rada, plan u ovom obliku nije primjenjiv za industrijsku proizvodnju, ali sadrži temeljne pokazatelje za izradu muške narodne nošnje [11].

**Tablica 1:** Plan operacija izrade gaća muške narodne nošnje

Oznaka tehnološke operacije	Naziv tehnološke operacije	Sredstvo rada
1.	Izvlačenja niti potke na dužini hlača od 8 cm	srr
2.	Izvlačenje niti potke 5cm iznad resica	srr
3.	Izrada ukrasnog veza	ručni rad
4.	Opšivanje nastavka u koraku	sšs
5.	Prišivanje nastavka u koraku na prednji dio hlača	ušs
6.	Prišivanje nastavka u koraku na stražnji dio hlača	ušs
7.	Spajanje šava u koraku	ušs
8.	Opšivanje šava u koraku	sšs
9.	Glačanje šava u koraku	ušs
10.	Šivanje prednje sredine i šava u sjedalu muških gaća	ušs
11.	Opšivanje prednje sredine i sjedalnog šava muških gaća	sšs
12.	Izrada rupica na unutarnjoj strani pojasnice muških gaća	ručni rad
13.	Zaglačavanje pojasnice na muškim gaćama	pmg
14.	Zatvaranje (šivanje) pojasnice muških gaća	ušs
15.	Usko šivanje pojasne trake za vezanje, okretanje trake i prošivanje sve okolo	ušs

16.	Provlačenje trake u pojasa gaća	srr1
17.	Završno glaćanje muških gaća	pmg

**Tablica 2:** Plan operacija izrade košulje muške narodne nošnje

Oznaka tehnološke operacije	Naziv tehnološke operacije	Sredstvo rada
1.	Spajanje rubova ovratnika, obrezivanje i okretanje	ušs
2.	Glaćanje ovratnika	pmg
3.	Spajanje rubova orukvica, obrezivanje i okretanje	ušs
4.	Glaćanje orukvice	pmg
5.	Izrada nabora na ramenim šavovima i na dubini prsnog proreza prednjeg dijela košulje	ušs
6.	Izrada nabora na vratnom izrezu stražnjeg dijela	ušs
7.	Izrada ušitaka od 2 mm od vratnog izreza do dubine prsnog proreza (4x2)	ušs
8.	Rezanje traka ručnog veza prema duljini prsnog proreza (4x2)	srr
9.	Našivanje traka ručnog veza na poziciju ušitaka (4x2)	ušs
10.	Odšivanje rubova letvice prsnog proreza, obrezivanje, okretanje i prošivanje sa tri strane	ušs
11.	Odšivanje rubova podlistka prsnog proreza, okretanje i prošivanje sa tri strane	ušs
12.	Prišivanje letvice na lijevu stranu prsnog proreza	ušs
13.	Opšivanje šava lijeve strane prsnog proreza	sšs
14.	Prošivanje šava lijeve strane prsnog proreza	ušs
15.	Prišivanje podlistka na desnu stranu prsnog proreza	ušs
16.	Opšivanje šava desne strane prsnog proreza	sšs
17.	Prošivanje šava desne strane prsnog proreza	ušs
18.	Predšivanje poprečne letvice, okretanje i našivanje na dubinu prsnog proreza	ušs
19.	Našivanje trake ručnog veza na poprečnu letvicu po rubu sve okolo	ušs
20.	Šivanje ramenih šavova	ušs
21.	Opšivanje ramenih šavova	sšs
22.	Opšivanje ramenih pojačanja	sšs
23.	Prišivanje ramenih pojačanja u orukavlje	ušs
24.	Prišivanje ovratnika na unutarnju stranu vratnog izreza muške košulje	ušs
25.	Zatvaranje ovratnika po vanjskoj strani vratnog izreza muške košulje	ušs
26.	Našivanje trake ručnog veza na ovratnik po rubu sve okolo	ušs
27.	Izrada nabora na duljini rukava, porubljivanje raspora na duljini rukava	ušs
28.	Prišivanje umetaka na rukave	ušs
29.	Opšivanje šavova umetaka na rukavima	sšs
30.	Prišivanje rukava na orukavlje muške košulje	ušs
31.	Opšivanje šavova rukava po orukavlju muške košulje	sšs
32.	Šivanje rukavnog i bočnog šava muške košulje	ušs
33.	Opšivanje rukavnog i bočnog šava muške košulje	sšs
34.	Prišivanje orukvice na unutarnju stranu duljine rukava	ušs
35.	Zatvaranje orukvice po vanjskoj strani duljine rukava	ušs
36.	Našivanje trake ručnog veza na orukvicu po rubu sve okolo	ušs
37.	Opšivanje duljine muške košulje	sšs
38.	Porubljivanje duljine muške košulje	ušs
39.	Izrada rupica na prsnoj letvici 3kom., ovratniku 1kom., orukvicama 2kom.	ručni rad
40.	Obheklavanje puceta 6kom	ručni rad
41.	Našivanje puceta na prsnoj letvici, ovratniku i orukvicama	ručni rad
42.	Završno glaćanje	pmg

**Tablica 3:** Opis sredstva rada i upotrijebljene kratice

Oznaka sredstva rada	Naziv i opis sredstva rada
ušs	Univerzalni šivaći stroj, tip boda 301 s donjim posmikom, opremljen uređajem za učvršćivanje početka i završetka šava
sšs	Specijalni šivaći stroj za opšivanje sa jednom iglom i tri konca, tip boda 504, opremljen uređajem za obrezivanje rubova i odrezivanje konca
pmg	Parno međufazno glaćalo opremljeno stolom za glaćanje s generatorom pare pod tlakom i parnim glaćalom
srr	Sredstvo ručnog rada - krojačke škare
srr1	Igla za uvlačenje trakica u pojasegača, struk ili duljinu jakni i dr.

## 5. Zaključak

Izrada replike muške narodne nošnje zahtjeva posebne sposobnosti i vještine posebno na dio koji se odnosi na odabir odgovarajuće tkanine, poznavanje tradicijskog odijevanja i ručni rad. Stručnost, znanje i vještine ruke ključni su za izradu krojnih dijelova nošnje i veza koji trebaju biti identični kao na originalnoj nošnji. Usmena predaja ima veliko značenje u očuvanju tradicije prenošenjem spoznaja na nove naraštaje. Važno je da se, u dobroj namjeri, ali zbog trenutne nedostupnosti odgovarajućih resursa, ne odstupi od pravila struke i pribegne improvizacijama. Nikad se ne smije zaboraviti da ono što se danas uradi, nakon nekog vremena postat će predmet analize i temelj za pogrešne zaključke [12].

## Literatura

- [1] Razgovori sa gospođama: Jadrankom Novak - članicom Udruge za očuvanje tradicijske kulturne baštine Kučana i Zbelave *Hajdina* i gospođom. Jelenom Džepinom - članicom Kulturno umjetničkog društva *Mak* iz Trnovca
- [2] Knezić, Ž.: Ručno tkanje – umijeće koje nestaje, stručni časopis Nit, Vol. 1 (1994) 1, str. 15–17
- [3] Knezić Ž., Kovačević S., Knezić A.: Revitalizacija tradicijskog ručnog tkanja u Republici Hrvatskoj, Tekstil, 61 (7-12) (2012.) str. 352-355, ISSN 04925882
- [4] Jurić, M.: Uzgoj lana, Nakladni zavod Hrvatske redakcija ministarstva industrije i rudarstva NRH odjel za stručno školstvo, Zagreb, 1947
- [5] Butorac, J.: Predivo bilje. Zagreb: Kugler d.o.o., 2009
- [6] Pasković, F.: Predivo bilje, I dio. Konoplja, lan i pamuk. Zagreb: Nakladni zavod znanje, 1996
- [7] Konoplja, Opća enciklopedija JLZ, IV knjiga, Glavni urednik Josip Šentija, JLZ Zagreb, Zagreb, 1978.
- [8] Mandekić, V.: Konoplja i lan, Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb 1946.
- [9] Čunko R.; Pezelj E.: Tekstilni materijali, Udžbenici tehničkog veleučilišta u Zagrebu, Zrinski d.d., Čakovec, 2002
- [10] Benc-Bošković K., Narodna nošnja Hrvatskog zagorja, Biblioteka narodne nošnje Hrvatske, Zagreb, 1985
- [11] Rogale, D. i sur.: Procesi proizvodnje odjeće; Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet Zagreb, 2011.
- [12] Greganović, R.: Tkanine za muške narodne nošnje Podravine, završni/diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet Zagreb, Stručni studij u Varaždinu, 27. 9. 2016.

## Autor(i):

Romana GREGANOVIĆ, stručna prvostupnica inženjerka tekstilne, odjevne i obućarske tehnologije;  
Dr. sc. Željko KNEZIĆ, Agata VINCIC, predavač, Josip PETRIC, predavač  
Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Dislocirani studij u Varaždinu  
Hallerova aleja 6a, Varaždin, Hrvatska  
Mob.: 099 22 50 155

Fax:

E-mail: zeljko.knezic@ttf.hr

Izv. prof. dr. sc. Željko PENAVA  
Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb, Hrvatska  
Tel.: +(385) (1) 3712 576

Fax: +(385) (1) 3712533

E-mail: zeljko.penava@ttf.hr

## TENISICA – CIPELA DVADESETOG STOLJEĆA

### SNEAKERS - SHOES OF THE TWENTIETH CENTURY

Suzana KUTNJAK-MRAVLINČIĆ & Ana SUTLOVIĆ

**Sažetak:** Na pojavu i razvoj tenisica utjecali su mnogobrojni faktori; od otkrića vulkanizacije gume, pojačanog interesa za sport i rekreaciju krajem 19. i početkom 20. stoljeća, nastanka popularnih Convers All Star tenisica, popularizacije od strane vrhunskih sportaša i slavnih osoba iz svijeta filma i glazbe, želje za identifikacijom s određenim ciljanim skupinama. U radu je sažeto opisan razvoj prvih tenisica, pojava značajnih robnih marki tenisica u prvoj polovici 20. stoljeća, razvoj modnih tenisica u drugoj polovici 20. stoljeća te suvremena primjena aditivnih tehnologija i 3D tiska u izradi tenisica.

**Abstract:** There were a lot of factors that influenced the appearance and development of the sneakers; from the discovery of vulcanization of rubber, increased interest in sports and recreation in the late 19<sup>th</sup> and early 20<sup>th</sup> century, the emergence of popular Converse All Star sneakers, popularization by top athletes and celebrities from the world of film and music, a desire to identify with a certain target group. This paper briefly describes development of the first sneakers, the occurrence of significant sneakers brands in the first half of the 20<sup>th</sup> century, growth of fashion sneakers in the second half of the 20<sup>th</sup> century and also the modern application of additive technology and 3D printing in the making of sneakers.

**Ključne riječi:** razvoj tenisica, robne marke tenisica, aditivna proizvodnja

**Keywords:** development of the sneakers, brand sneakers, additive manufacturing

#### 1. Uvod

Tenisice predstavljaju jedinstven primjer suvremene obuće iznimno široke primjene: od obuće specifične namjene za pojedine vrste sportova i rekreaciju do udobne obuće za svakodnevne prilike te modne i brendirane obuće, a pojavile su se pred stotinjak godina. Stvorene su kao neka vrsta nasljednica specijalizirane obuće za sport, a zbog udobnosti, jednostavnosti odražavanja i niske cijene koštanja uslijed industrijske proizvodnje, postaju omiljena obuća u početku sportaša i mlađih, a vremenom svih generacija te su u samo stotinjak godina tenisice prerasle u obuću za široku primjenu. Tenisica, najpopularnija cipela dvadesetog stoljeća, svoj razvojni put započinje u drugoj polovici 19. stoljeća pojmom platnenih cipela s gumenim donom. Charles Goodyear (1800.-1860.), američki proizvođač gume, otkrio je polovicom 19. stoljeća postupak grijanja gume, vulkanizacija, kojim je omogućena izrada čvršće i fleksibilne gume te trajno pričvršćivanje s drugim materijalima, kao npr. tkaninom [1]. Vulkanizacija je jednostavan proces topljenja gume zajedno s tkaninom i oblikovanje te rastaljene smjese u kalupu za izradu dona za cipele. Ovaj revolucionaran dizajn omogućio je izradu fleksibilne i lagane obuće. Kraj 19. stoljeća obilježilo je veliko zanimanje za sportove poput tenisa, golfa i kriketa te su nove platnene cipele s gumenim donom, lagane i savitljive bile idealne za ove igre [2]. Tijekom prve polovice 20. stoljeća tenisice su razvijane prvenstveno kao sportska obuća specijalizirana za pojedine vrste sportova s ciljem osiguranja vrhunske opreme sportašima [3]. U tom razdoblju nastaju brandovi tenisica poput Convers, Adidas, Puma, Rebok, danas svjetski poznati i renomirani proizvođači sportske obuće. Početkom druge polovice 20. stoljeća tenisice se sve više počinju nositi kao svakodnevna udobna obuća čime započinje razvoj modnih tenisica, što kasnije dovodi i do pojave dizajnerskih tenisica te porasta cijena koštanja popularnih skupih tenisica [2]. Danas su tenisice sinonim za udobnu i modernu obuću, a raznolikost modela u formi, kroju, boji, materijalima, tisku te raznovrsnim ukrasima i aplikacijama čini ih obućom koja se nosi u neformalnim i formalnim prilikama bez obzira na dobne skupine krajnjih korisnika [4]. Jedna od najznačajnijih godina povijesti tenisica i stjecanja njene pune popularnosti je 1917. Tada su lansirane All Star tenisice za košarku [1] koje 2017. godine, slave veliki jubilej, svoj stoti rođendan.

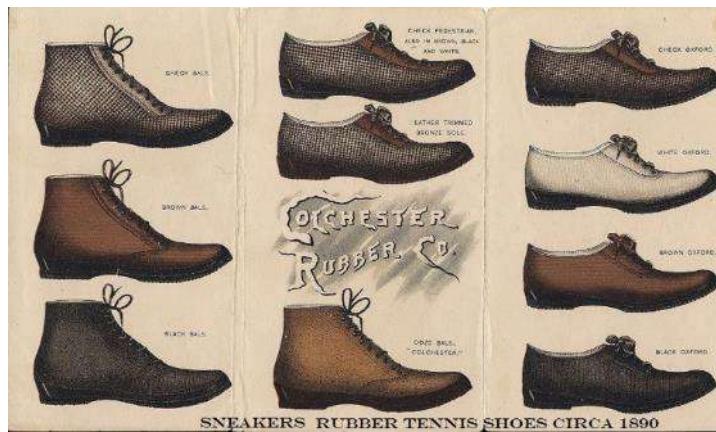
#### 2. Pregled razvoja tenisica

Nastanak i razvoj tenisica može se pratiti s različitim stajališta; od sporta, kultne obuće mlađih, ljubitelja glazbe i umjetnosti, načina stjecanja statusa na ulici, u školi ili među prijateljima, razvoja dizajnerske sportske obuće ili vlastitih brandova poznatih osoba do suvremene transformacije u urbanu *casual* dnevnu obuću [4]. U radu je sažeto opisan razvoj prvih tenisica, pojava značajnih robnih marki tenisica u prvoj polovici 20. stoljeća, razvoj

modnih tenisica u drugoj polovici 20. stoljeća te suvremena primjena aditivnih tehnologija i 3D tiska u izradi tenisica.

## 2.1 Razvoj prvih tenisica

Znanstvenim otkrićem postupka omešavanja gume američkog proizvođača guma Charlesa Goodyear, sredinom 19. stoljeća [1], utrta je put nastanka i razvoja tenisica. Proizvođači cipela stvorili su 1868. god. platnene cipele s gumenim đonom oglašavane kao sandale za kriket (*eng. croquet sandal*) namijenjene igranju kriketa, tada popularnom sportu među mladima iz viših staleža [1, 5]. Začetnik proizvodnje nove obuće američka tvrtka za proizvodnju gume, *US Rubber Company*, reklamira ih pod nazivom *tennis shoes* ili "tennies" (slika 1), a u Engleskoj su nove cipele prozvane *plimsolls* ili *plimmies* [3].



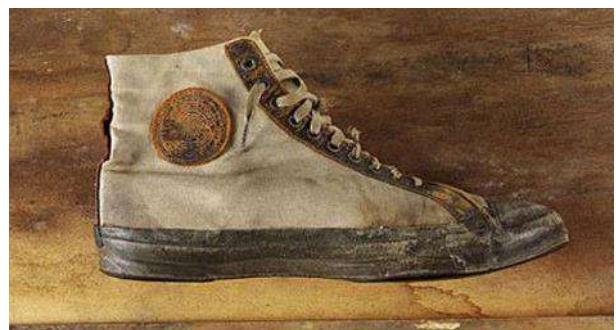
**Slika 1:** Primjeri platnenih cipela s gumenim đonom, *tennis shoes*, američke tvrtke za proizvodnju gume (*US Rubber Company*), 1890. godine

Tvrta US Rubber Company iz Naugatuck, Connecticuta je 1916. godine izradila i ponudila na tržištu sportsku cipelu *Keds* (slika 2), koja je ostala osnovni uzorak tenisica sljedećih pedeset godina [6]. Pojam tenisica, *sneakers*, izum je agencije za oglašavanje koju je angažirao brand Keds jer su gumeni đonovi bili tihi, gotovo nečujni i „kao stvoreni za prišuljati se nekome“ [7]. Uspjeh tenisica Keds bio je senzacionalan te je unatoč povećanoj proizvodnji potražnja nadmašila opskrbu. Razlozi velike potražnje za tenisicama Keds i drugim *plimsolls* modelima obuće su povećane rekreativne aktivnosti Amerikanaca početkom 20. stoljeća [6].

Tvrta Converse Rubber Shoe Company, za proizvodnju gumene obuće, lansirala je 1917. godine visoke tenisice dizajnirane za košarku nazvane All Star (slika 3). Za razliku od ranijih sportskih cipela, All Star bile su prve visoke tenisice kod kojih je tekstilni dio obuhvaćao cijeli gležanj kako bi se osigurala potpora nozi, a ujedno su bile lagane te omogućile sportašu neometano kretanje [8].



**Slika 2:** Ženske tenisice, Keds, tvrtke US Rubber Company iz 1916. godine [9]



**Slika 3:** Tenisice All Star, tvrtke Converse Rubber Shoe Company iz 1917. godine [10]

## 2.2 Prvi brandovi tenisica

Tvrta Convers osnovao je 1908. godine Marquis M. Convers, a njegov najveći uspjeh bile su upravo All Star tenisice kojima je 1917. godine stvorio trajnu ikonu američke obuće [8]. Popularnosti tenisica All Star znatno je doprinio Charles H. "Chuck" Taylor (1901.-1969.), jedan od prvih sportaša koji su reklamirali određeni

proizvod. On je predložio i niz poboljšanja koja su ugrađena u tenisice, kao na primjer pojačanja za gležanj i ventilacijske otvore za prozračivanje stopala. Taylor se pokazao toliko učinkovitim da je 1923. godine njegov potpis dodan na logo tenisica (slika 4), a početkom 30-tih godina 20. stoljeća All Star-ke su do bile ventilacijske otvore ugrađivanjem metalne galerterije za zaštitu rupica u bočnim, rubnim dijelovima tenisica (slika 5) [8, 11]. Convers All Star tenisice bile su glavna obuća košarkaša sve do kraja osamdesetih godina 20. stoljeća, a linija tenisica Convers All Star Chuck Taylor postoji i danas.



Slika 4: Logo Convers All Star s potpisom Chuck Taylora [9]



Slika 5: Convers All Star s ugrađenim ventilacijskim otvorima iz 1931. godine [10]

Na razvoj tenisica kao specijalizirane obuće za pojedine sportove te urbane i udobne obuće za slobodno vrijeme značajno su utjecali i drugi proizvođači sportske obuće, kao na primjer Adidas i Puma, onda Asics i Reebok, kasnije Nike i drugi koji su nastojali privući mlade urbane kupce s novim dizajnom sportske obuće. Ove robne marke često su vrlo uspješno kopirale strategiju Convers-a da popularni sportaši reklamiraju njihove proizvode ili da se imena uspješnih sportaša koriste u imenu kolekcije, na primjer Nike tenisice „Air Jordan“ i Michael Jordan [8].

Tvorac modernih tenisica za trčanje, Adolf Dassler, započeo je 1920. godine izrađivati tenisice te 1924. registrirao tvrtku "Gebrüder Dassler Schuhfabrik" čiji je cilj bio osigurati sportašima najbolju moguću opremu. Po prvi puta dizajn tenisica za trčanje razlikovao se ovisno o tome da li je trkač bio sprinter ili maratonac. Dassler je opremio mnoge sportaše za trkačke discipline na Olimpijskim igrama; 1928. godine u Amsterdamu Njemica Lina Radke u njegovim tenisicama osvaja zlato u utrci na 800 metara, a 1936. u Berlinu Jesse Owens osvaja čak četiri zlatne medalje u trkačkim utrkama u tenisicama tvrtke Dassler (slika 6) [12 -15]. Zlatne medalje na Olimpijskim igrama bile su prve nagrade i početak priče o Adidasu, jednom od najpopularnijih brandova tenisica na svijetu.



Slika 6: Tenisice tvrtke Gebrüder Dassler Schuhfabrik, model Waitzer iz 1936. godine [15]



Slika 7: Kopačke tvrtke "Adi Dassler adidas Sportschuhfabrik" registrirane 1949. godine [13]



Slika 8: Model "SUPER ATOM" tvrtke PUMA Schuhfabrik Rudolf Dassler lansiran 1952. godine [16]

Godine 1948. braća Adolf i Rudolf Dassler otvaraju zasebne tvrtke, Rudolf osniva „PUMA Schuhfabrik Rudolf Dassler“, a Adi tvrtku „Adi Dassler adidas Sportschuhfabrik“. Godinu dana kasnije Adidas je registrirao specijaliziranu tenisicu za nogomet, kopačku, a registracija je uključivala i tri bočne trake koje postaju prepoznatljivi vizualni identitet i zaštitni znak Adidas branda (slika 7) [13]. Rudolf Dassler u suradnji s nogometnim trenerima također uspješno razvija kopačke te 1952. godine lansira model "SUPER ATOM" (slika 8) kojim je označen početak vrlo uspješne karijere branda Puma u nogometu [16].

U poslijeratnim godinama, nakon II. svjetskog rata, u proizvodnji sportske obuće formiraju se brandovi Reebok i Asics. U Japanu je Kihachiro Onitsuka 1949. godine osnovao tvrtku Onitsuka Co Ltd i započeo proizvodnju tenisica za učenike s ciljem da nešto učini za veliki broj djece koja su nakon rata postali beskućnici. Njegova ljubav prema sportu urodila je maksimum tvrtke "Anima Sana in corpore Sano" ("U zdravom tijelu, zdrav duh") koja je kasnije postala izvor skraćenice branda Asics [14]. Britanci, braća Joe i Jeff Foster 1954. godine obiteljskoj tvrtki "J.W. Foster and Sons" osnovanoj 1895. daju novo ime, Reebok, brand tenisica koji svoju popularnost stječe u posljednjoj četvrtini 20. stoljeća [13].

### 2.3 Tenisice kao svakodnevna obuća

U drugoj polovici 20. stoljeća tenisice se transformiraju od specijalizirane obuće za sportske aktivnosti u praktičnu obuću za svakodnevnu uporabu i stječu status neizostavnog modnog dodatka. Postaju omiljena obuća tinejdžera često kao izraz bunta i nezadovoljstva, trend koji postaje još izraženiji pojavom Jamesa Deana u tenisicama u popularnom filmu Buntovnik bez razloga, snimljenom 1955. godine [5]. Tenisice su bile jednostavne za održavanje, lagane i jeftine, a tržišna ponuda je uključivala mnogo sličnih modela različitih robnih marki kao na primjer Convers, Keds, Asics, Tigar (slika 9 a i 9 b) najčešće u crnoj i bijeloj te tamno plavoj boji. Modni dizajneri, kao na primjer Calvin Klein počinju 70-tih godina dizajnirati elegantne tenisice. Ubrzo se modni trendovi sedamdesetih mogu vidjeti u dizajnu tenisica; tenisice sa šljokicama i satenskim gornjim dijelom, s visokim potpeticama ili platforma potplatom, modeli potpuno neiskoristivi u sportskim aktivnostima, ali trendi na tada popularnom diskopodiju [17]. Tenisice određenih robnih marki ili stilskih obilježja postaju i dio imidža pojedinih supkulturalnih pokreta mlađih. Tako na primjer All Star-ke ponovno postaju popularne zahvaljujući promociji pojedinih rock zvijezda, na primjer Kurt Cobain (1967.-1994.) iz rock skupine Nirvana doprinosi stvaranju imidža Chuck Taylor Stark-i kao bitnog djela grunge mode u 90-tim godinama [8]. Hip-hop grupa Run-DMC izdaje 1986. godine hit singl "My Adidas", himnu povodom sveprisutnog modela tenisica Adidas Superstar, nakon čega potpisuju s Adids-om ugovor koji je ujedno prvi primjer promocije tenisica osoba izvan sporta (slika 9 c) [17].



a.

b.

c.

Slika 9: a) Conversove All Star-e Chuck Taylor iz 1950. godine, b) tenisice robne marke Tigar iz 1953. godine [10] i c) model tenisica Adidas Superstars koji je promovirala hip-hop grupa Run-DMC, 1986. godine [17]

### 2.4 Primjena suvremenih tehnologija u proizvodnji tenisica

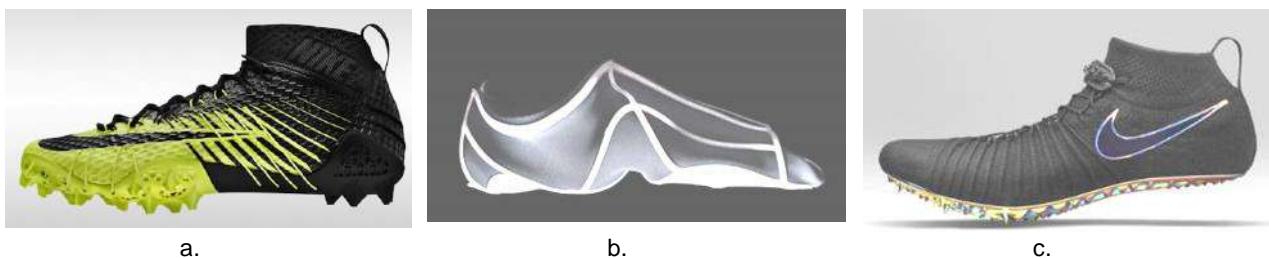
Tijekom kasnih 60-ih godina 20. stoljeća proizvođači tenisica i dizajneri počinju eksperimentirati novim materijalima i suvremenim tehnologijama kako bi „poboljšali“ tenisice. Jedan od utjecajnijih bio je sveučilišni trener Bill Bowerman iz Oregonu koji je želio dizajnirati laganu cipelu specijalno za trčanje. Tenisica koju je inovirao uključivala je mekane jastučice na tabanicama čime je povećana fleksibilnost đona i udobnost same obuće, a tekstilno gornjište zamjenio je latex gumom [5, 17]. Bowerman je 1971. godine registrirao brand Nike, jedan od najmlađih brandova koji je danas jedan od najuspješnijih među robnim markama sportske obuće, odjeće i opreme te kontrolira više od 60% tržišta, a postao je i ikona pop kulture [17, 18]. Nike je ujedno i inicijator brojnih inovacija i patenata, na primjer 1979. godine Nike Air tehnologija patentirana od strane izumitelja M. Frank Rudy-a uvela je u potplatu tenisica za trčanje umetak od zračnih punjenih plastičnih membrana [18].

Od druge polovine 80-ih godina prošlog stoljeća razvijaju se i primjenjuju suvremeni postupci aditivne proizvodnje za koje se često koristi naziv 3D tisk, engl. *3D print*. Glavna je značajka tih postupaka dodavanje materijala, najčešće sloj po sloj, do izrade cijelog proizvoda. Takvo načelo proizvodnje omogućuje stvaranje vrlo komplikirane geometrije proizvoda koju bi drugim, klasičnim postupcima proizvodnje bilo vrlo teško ili nemoguće realizirati. Aditivna tehnologija na kojoj se temelje procesi izrade relativno je jednostavna, temelji se na nekoliko tehnologija i neovisno o procesu faze izrade su: izrada CAD modela, pretvaranje CAD modela u STL ili AMF datoteku, prebacivanje STL datoteke na AM stroj i virtualno rezanje datoteke u slojeve,

podešavanje parametra AM stroja, izrada tvorevine, vađenje tvorevine, ako je potrebna naknadna obrada i primjena. Postupcima aditivne proizvodnje u posljednjih nekoliko godina eksperimentira se i u proizvodnji sportske obuće od izrade; đonova, peta ili funkcionalnih i ukrasnih elementa do cjelovitim modela jednostavnih ili složenih geometrija [19].

U komercijalnoj proizvodnji Nike od 2012. godine koristi 3D ispis za izradu prototipa i proizvodnju *Vapor Laser Talon* nogometnih cipela za igrače američkog nogometa (slika 10 a) [20]. Mogućnosti primjene procesa aditivnih tehnologija u izradi obuće, pa tako i tenisica još uvijek su u fazi istraživanja i eksperimentiranja. Krajem 2015. godine na Massachusetts Institute of Technology (MIT) industrijski dizajneri, Christophe Guberan i Carlo Clopath u suradnji s računalnim znanstvenikom Skylar Tibbits unutar MIT-a razvili su projekt 3D tiskane obuće za rekreaciju koja mijenja oblik reagirajući na podražaje nositelja (slika 10 b). Ono što čini ovaj projekt izuzetno inovativnim i znanstveno vrijednim je nekorištenje robotike i senzora dokazujući time da neke napredne tehnologije nisu nužno potrebne komponente za interaktivnu obuću i odjeću [21].

U svibnju protekle godine najavljenja je velika suradnja proizvođača 3D pisača HP-a (Hewlett Packard) i Nike- a u kojoj će HP-ov novi 3D pisač omogućiti proizvodnju velikih serija (masovnu proizvodnju) s ciljem da Nike nastavi lansirati svoje inovacije u dizajnu sportske obuće (slika 10 c) pomoću aditivnih tehnologija [22].



Slika 10: a. Nike 3D tiskana tenisica model *Vapor Laser Talon* iz 2012. godine, b. 3D tiskana cipela za rekreaciju stvorena na MIT-u, 2015. godine i c. inovirani Nike model realiziran u suradnji s HP-om iz 2016. godine

### 3. Zaključak

Može se zaključiti da stogodišnji razvoj tenisice predstavlja dizajn u punom smislu tj. sinergiju mnogih znanstvenih disciplina na njihovoј najvišoj razini u nastajanju predmeta visoke funkcionalnosti i vrhunskog dizajna koji uz suvremene marketinške strategije postaje proizvod koji svatko „mora“ imati. Ljudi širom svijeta, svih dobnih skupina, oba spola, nose tenisice za sportske aktivnosti, rekreaciju ili kao udobnu svakodnevnu obuću. Danas je tenisica modni dodatak i statusni simbol te sredstvo izražavanja pripadnosti. Od početnog razvoja cipele isključivo za sport, tenisica je u samo stotinjak godina evaluirala do značajne stavke visoke mode 21. stoljeća i postala neizostavan element odjevnih kombinacija, ali i znanstvenih istraživanja. Upravo kroz izgled i status tenisice može se iščitavati sociološka razina i tehnološki razvoj društva te se može zaključiti da je tenisica 21. stoljeća ogledalo modernog dizajna, suvremenih tehnologija i primjene pametnih materijala.

### Literatura

- [1] Pendergast, S., Pendergast, T.: European Culture from the Renaissance to the Modern Era, Volume 3; *Fashion, Costume, and Culture: Clothing, Headwear, Body Decorations, and Footwear through the Ages*, The Gale Group Inc., ISBN 0-7876-5420-5, Drake Rd., 2004, str. 657-658
- [2] Boucher, F., 20, 000 Years of Fashion *The History of Costume and Personal Adornment*, Harry N. Abrams, Inc. and Thames and Hudson Ltd., ISBN 0-8109-1693-2, London, 1987
- [3] O'Hara, G., The encyclopaedia of fashion, from 1840 to the 1980s, Thamen and Hudson Ltd, ISBN: 0500013853, London, 1989
- [4] Lazar, K., Kutnjak-Mravinčić. S.: Osmišljavanje kolekcije ženskih tenisica i realizacija uzorka modela, Koža & Obuća, god 63, broj 7-9/2016, str. 20-22, ISSN 0450-8726 (Tisak), ISSN 1849-9767 (Online)
- [5] Cheskin, Melvyn P.: *The Complete Handbook of Athletic Footwear 1St Edition Edition*, New York, U.S.A.: Fairchild Books ISBN-13: 978-0870055485, ISBN-10: 0870055488, New York, 1987
- [6] Dostupno na: <http://www.athm.org/99-years-of-keds/#more-4390>, Pristupljeno: 2016-11-10
- [7] Dostupno na: <http://www.a1-sneakers.com/keds-sneakers> Pristupljeno: 2016-11-10
- [8] Pendergast, S., Pendergast, T.: Modern World Part I: 1900 to 1945 Fashion, Volume 4; *Costume, and Culture: Clothing, Headwear, Body Decorations, and Footwear through the Ages*, The Gale Group Inc., ISBN 0-7876-5421-3, Drake Rd., 2004, str. 713-716

- [9] Dostupno na: <http://www.batashoemuseum.ca/> Pristupljeno: 2016-11-15
- [10] Dostupno na: <http://riseofsneakerculture.org/> Pristupljeno: 2016-11-15
- [11] Dostupno na: <http://www.refinedguy.com/2013/05/29/20-things-you-probably-didnt-know-about-converse-all-stars/#1> Pristupljeno: 2016-11-15
- [12] Dostupno na: Cunningham, C., You Are What's On Your Feet: Men and the Sneaker Subculture, *Journal of Culture & Retail Image*, Special Issue: Menswear, Volume 1, 2008
- [13] Dostupno na: <http://www.adidas-group.com/en/group/history/> Pristupljeno: 2016-11-15
- [14] Dostupno na: <https://runningtortoiseandhare.wordpress.com/running-shoes/history-of-running-shoes/>, Pristupljeno: 2016-12-15
- [15] Dostupno na: <http://www.speedmuseum.org/exhibitions/out-of-the-box-the-rise-of-the-sneaker-culture/>, Pristupljeno: 2016-12-15
- [16] Dostupno na: <http://about.puma.com/en/this-is-puma/history> Pristupljeno: 2016-12-15
- [17] Pendegast, S., Pendegast, T.: Modern World Part II 1946 – 2003, Volume 5:, *Fashion, Costume, and Culture: Clothing, Headwear, Body Decorations, and Footwear through the Ages*, The Gale Group Inc., ISBN 0-7876-5422-1, Drake Rd., 2004, str. 957-968
- [18] Dostupno na: <http://www.kicksongfire.com/history-of-nike/> Pristupljeno: 2016-12-15
- [19] Kutnjak-Mravljinčić, S; Bischof, S; Sutlović, A.: Application of additive technology in footwear design, *Book of Proceedings 8th Central European Conference on Fiber-grade Polymers, Chemical Fibers and Special Textiles*, Dekanić, T., Tarbuk, A., str. 201-206, ISBN 978-953-7105-63-1, Zagreb, 09. 2015., University of Zagreb, Faculty of Textile Technology, Zagreb, Croatia, Zagreb, 2015.
- [20] Dostupno na: <https://3dprintingindustry.com/news/nikes> Pristupljeno: 2016-11-15
- [21] Dostupno na: <https://3dprintingindustry.com/2015/11/03/mit-designers-3d-print-wearer-reactive-footwear/> Pristupljeno: 2016-12-15
- [22] Dostupno na: <https://3dprintingindustry.com/news/hp-partners-nike-79222/> Pristupljeno: 2016-12-15

## Zahvala

Rad je financiran sredstvima Hrvatske zaklade za znanost u okviru projekta 9967, **Napredni tekstilni materijali dobiveni ciljanom modifikacijom površine**, ADVANCETEX.

## Autori:

Dipl. ing. Suzana KUTNJAK-MRAVLINČIĆ, predavač; Izv. prof. dr. sc. Ana SUTLOVIĆ  
Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb

Tel: +385 42 330 676

Fax: +385 42 330 450

E-mail: [suzana.kutnjak-mravlinic@ttf.hr](mailto:suzana.kutnjak-mravlinic@ttf.hr)  
[ana.sutlovic@ttf.hr](mailto:ana.sutlovic@ttf.hr)

# KONSTRUKCIJA I MODELIRANJE FUNKCIONALNOG ODIJELA ZA SLOBODNI SKOK

## CONSTRUCTION AND MODELLING OF A WINGSUIT

Jelena MARJANOVIĆ & Slavica BOGOVIĆ

**Sažetak:** U radu je dat osvrt na razvoj odijela za slobodni skok (wingsuit) kroz povijest, prikazane su tehnike leta ovim odijelom i opisana je potrebna oprema nužno potrebna za slobodni skok. Napravljen je temeljni kroj muškog kombinezona koji je rezultat spajanja krojeva gornjih i donjih odjevnih predmeta. Krojni dijelovi kombinezona su modelirani i prekonstruirani na temelju skice i oblika tijela da bi se mogao realizirati funkcionalni odjevni predmet. Odijelo za slobodni skok (wingsuit) mora biti funkcionalno i sigurno jer je ono jedno od važnijih elemenata zaštite ljudskog života i zaštite od za život opasnih ozljeda prilikom izvođenja skokova.

**Abstract:** The paper gives an overview on the development of wingsuit through history, presenting the flight techniques and describing the required gear to perform a free fall. A basic cutting pattern for a male suit is given as the result of combining upper and lower cutting patterns of the garments. The cutting patterns of the wingsuit are modelled after, and reconstructed from, a draft sketch and body shape, so that the functional clothing garment could be created. The wingsuit must be functional and safe because it is one of the only things protecting human life from life-threatening injuries, which may occur during a free fall.

**Ključne riječi:** odijelo za slobodni skok, konstrukcija odjeće, funkcionalna zaštitna odjeća, prekonstrukcija krojnih dijelova, modeliranje krojnih dijelova,

**Keywords:** wingsuit, clothing construction, functional protective clothing, cutting patterns reconstruction, cutting patterns modelling

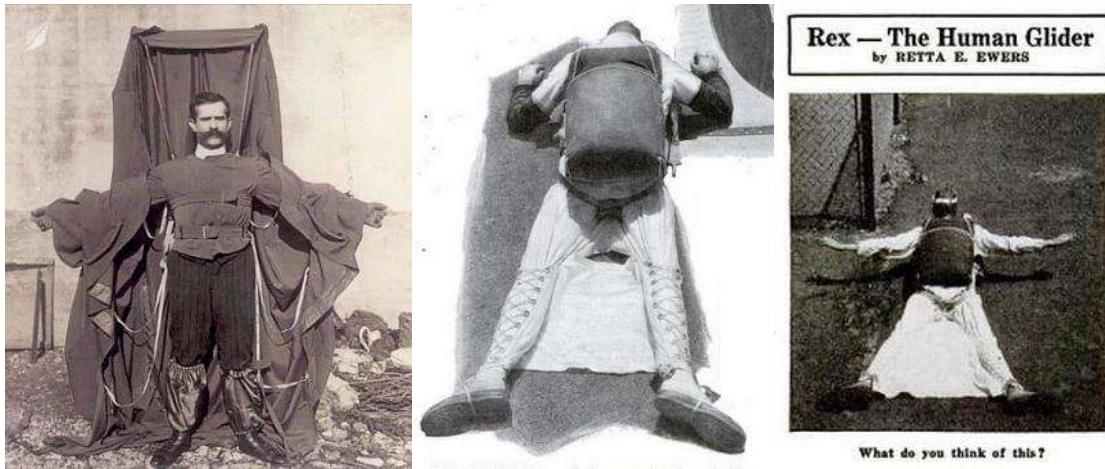
### 1. Uvod

Padobranstvo je sport skakanja iz zrakoplova pri čemu se usporavanje tijekom skoka ostvaruje otvaranjem padobrana. Slobodni skok može ali i ne mora uključivati određeno vrijeme letenja u zraku prije otvaranja padobrana. Slobodni skok koji uključuje određeno vrijeme letenja se postiže uz pomoć funkcionalnog odijela specifične namjene engl. wingsuit [1]. Tzv. Wingsuit je funkcionalno odijelo za slobodni skok bez upotrebe padobrana. Skok se uobičajeno izvodi iz zrakoplova ili s litica planina i krovova zgrada. Prvo moderno specifično odijelo za letenje napravljeno je 1990.-ih, a odijelo je oblikovano na način da se između nogavica hlača, te rukava i bočnog dijela odijela nalazi tekstilni materijal koji simulira krila. Ova odijela se ponekad nazivaju leteća vjeverica ili šišmiš odijela [2]. Ovaj ekstremni sport se godinama usavršava, između ostalog, i unaprjeđivanjem funkcionalnosti i kvalitete odijela za slobodni skok, te se neprestano teži višem stupnju sigurnosti i edukacije o odijelu i njegovo upotrebi. Vrlo važan zahtjev u ovom sportu je konstrukcija takvog odijela koje bi omogućio sigurno prizemljivanje.

### 2. Povijest funkcionalnog odijela za slobodni skok

Prvi pokušaj letenja u odijelima za slobodni skok bio je 1912. godine kada je 33-ogodišnji krojač, Franz Reichelt skočio s Eiffelovog Tornja u odijelu nalik na današnje funkcionalno odijelo za slobodni skok (sl.1a). Pogrešno je informirao stražu govoreći da će provesti eksperiment s lutkom, oklijevao je jako dugo prije nego je skočio i udario glavom o tlo, a autopsija je pokazala da je umro od srčanog udara u letu [2]. Rex Finney iz Kalifornije, 1930. god. prvi koristi specifično odijelo za letenje kako bi produljio horizontalnu kretnju zrakom (sl. 1b, 1c.). Prva odijela su bila napravljena od materijala kao što su kanvas, drvo, svila, čelik i kitova kost međutim nisu se pokazala adekvatnima za odijela za slobodni skok [2].

Sredinom 1990.-ih godina Partick „Deug“ de Gayardon je dizajnirao svoje novo revolucionarno odijelo sa zračno napuhanim dijelom ispod ruku i „krilima“ na nogama pomoću kojih se javlja uzgon kao kod krila zrakoplova, koje je njegov suradnik T. Uragallo još dodatno prepravio. Patric de Gayardon je smrtno stradao pri skoku u travnju 1998. god. što je potaklo R. Pečnika iz Hrvatske i J. Kuosmu iz Finske na dizajniranje i poboljšanje odijela. Njih su dvojica također skočili s iste talijanske litice Arco s koje je Deug letio 27 sekundi te su postigli još duže letenje [6].



**Slika 1:** Prva odijela za slobodni skok: a. Franz Reichelt u eksperimentalnom letećem odijelu [3]; b. Rex Finney prvo specifično odijelo za letenje [4]; c. Rex Finney u Kalifornijskom novinskom članku opisan kao „ljudski klizač“ [5]

Zbog sve veće zainteresiranosti prema letenju Robert Pečnik i Jari Kuosma se udružuju kako bi stvorili funkcionalno odijelo sigurno i pristupačno svim skakačima. Kuosma je 1999. god. osnovao tt. BirdMan International Ltd., a R. Pečnik je dizajnirao prvo komercijalno specifično odijelo za letenje BirdMan's Classic. BirdMan je bio prvi proizvođač koji je izradio sigurno funkcionalno odijelo za slobodni skok [2].



**Slika 2:** Let BirdMen-a iznad Deland -a, Florida iz časopisa Popular-Science [7]

## 2.1. Tehnike skokova s odijelom

Skakač/pilot radi slobodni skok noseći funkcionalno odijelo s padobranom bez obzira na način ili mjesto s kojeg skače. Pri odabiru mjesta skakanja skakač/pilot posebno treba obratiti pažnju na tehnike pri skoku. Prilikom skoka iz zrakoplova treba obratiti pažnju na orijentaciju prema zrakoplovu (sl. 3a). Pri samom izlazu skakač/pilot širi krila na nogama i rukama u pravo vrijeme tako da ne bi došlo do udara u zrakoplov ili slične nestabilnosti. Skakači u ovom odijelu odmah počinju letjeti nakon izlaska iz zrakoplova na vjetru stvorenom brzinom samog zrakoplova [2]. Skakanje s BASE skakačkog (sl.3b) mjeseta kao što su litice, mostovi, zgrade ili iz helikoptera je u osnovi različito od skakanja iz zrakoplova koji se miče, jer nema početne brzine pri skoku [2]. Tijekom posljednjih godina funkcionalna odijela za slobodni skok su počela dobivati razne varijacije oblika i veličina što je pridonijelo napretku ovog sporta, pri čemu je osnovna ideja ostala ista – odijelo oblikovano po čovjekovim mjerama s dva para krila ispod ruku, torzom i jednim krilom koje spaja noge (sl. 4).

Odijelo je zapravo aerodinamična nosiva podloga na osobi koja ima karakteristike kao i svaka druga nosiva podloga stvarajući kombinaciju aerodinamičnih sila podizanja i povlačenja. Njihova ravnoteža se izražava kao klizni omjer koji pokazuje aerodinamičnu učinkovitost pilota, te se izražava kao omjer udaljenosti u metrima koje pilot postiže krećući se prema naprijed u odnosu na spuštanje prema tlu [11]. Trajni klizni omjer nekih odijela je 2,5:1 ili više, što znači da na svaki metar poniranja mu se horizontalna putanja povećava za dva i pol metra. Ovaj omjer se može opisati kao efikasnost leta [2].



a.



**Slika 3:** Tehnike skokova: a. Skok iz zrakoplova [8]; b. Ciklus BASE skokova u funkcionalnom odijelu za slobodni skok [9]



**Slika 3:** Razne varijacije oblika i veličina funkcionalnog odijela za slobodni skok [10]

S manipulacijom tijela i odabirom karakteristika odijela skakači/piloti mogu kontrolirati brzinu i omjer pada. Skakač manipulira tijekom leta s pomacima tijela, mičući kukovima i koljenima, promjenom položaja tijela u kojem mu funkcionalno odijelo omogućava letenje prema količini pritiska primjenjenom na materijalu krila na odijelu [2]. Leteće vjeverice mogu manipulirati oblikom svog tijela da bi stvorili željeni iznos uzgona i leta jednako kao što i skakači mogu mijenjati svoju horizontalnu i vertikalnu brzinu. Skakači pronalaze ideje od već navedenih životinja po kojima i daju nazive odijelima za slobodni skok, tako da se često koriste nazivi poput šišmiš odijela, odijelo letećih vjeverica i sl. [12].

Ciljevi skakača/pilota su:

- postići najsporiju vertikalnu brzinu i
- povećati horizontalnu brzinu i kliznu daljinu.

Da bi postigli svoje ciljeve skakači moraju znati manipulirati letećim karakteristikama mijenjajući:

- oblik torza (pomičući ramena, spuštajući koljena i kukove),
- kut pod kojim se leti i
- količinu napetosti primijenjenoj na tkanini krila na odijelu [12].

Funkcionalno odijelo za slobodni skok je oblikovano na način da imitira padobran, čime zadržava skakača dulje u zraku i znatno usporava vertikalnu i povećava horizontalnu brzinu. Površina odijela je spojena podloga kojom se postiže letenje uslijed slobodnog skoka, djelovanjem sile uzgona, gravitacijske, vučne sile i sile otpora. Funkcionalna odijela su dizajnirana na način da tijelo bude u pravom položaju za let, veličina krila ispod ruku i između nogu ovise o željenom efektu koji se želi postići uslijed letenja. Veća površina krila je idealna za dulja letenja, dok su kraća za ekstremnija letenja velikih brzina, ali kratkog trajanja. Odijelo za letenje je najbitniji dio opreme i ono mora biti provjeroeno i sigurno. Uz odijelo za slobodni skok koristi se i sljedeća oprema: padobran, kupola padobrana, automatski aktivacijski uređaj (AAD), digitalni i analogni visinometar, kaciga i zaštitne naočale [13].

Pri izradi odijela za slobodni skok koriste se sljedeći tekstilni materijali trgovačkih naziva [14]:

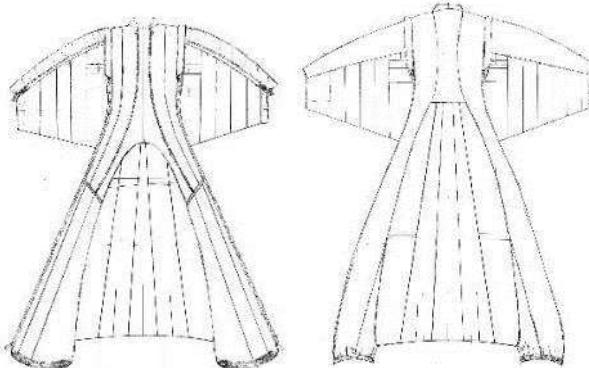
- Cordura – po sastavu 100% poliamid, izdržljiv i otporan na abraziju, trenje, propadanje i pljesan;
- Spandex – po sastavu 79% poliamid, 21% elastan, najznačajnija osobina ovog materijala je elastičnost, lagan je, mekan i izdržljiv, udoban za nošenje i postojanog oblika;
- Taslan- 100% poliester, jak i izdržljiv teksturirani materijal, zbog čega ima opip kao pamuk, udoban je i lagan, prozračan, te zadržava oblik;

- Nylon – po sastavu 100% poliamid, idealan za zaštitu protiv vjetra;
- Neopren – elastični materijal, velike udobnosti, gušći od spandex-a, ali zbog toga i čvršći;
- Belga – po sastavu 65% poliester, 35% pamuk, gladak i vodoodbojan materijal.

Njihova površinska masa se kreće u rasponu 160-800 g/m<sup>2</sup>, taslan ima s površinsku masu 161 g/m<sup>2</sup>, dok neopren ima površinsku masu od 800 g/m<sup>2</sup>.

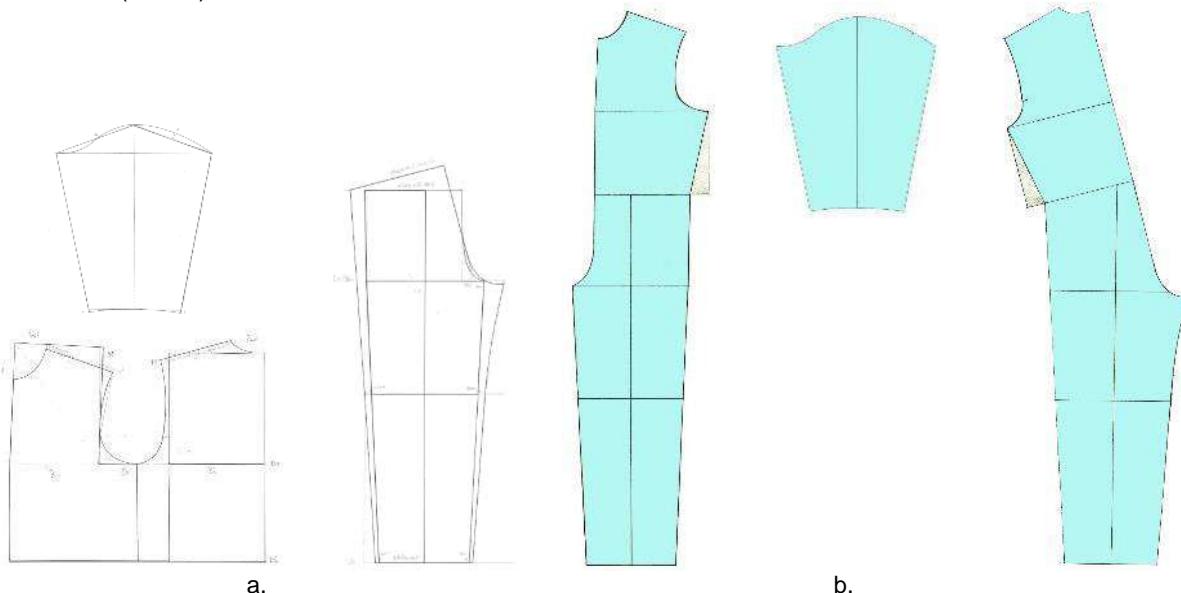
### 3. Eksperimentalni dio

Funkcionalno odijelo za slobodni skok (sl. 4.) je kombinezon kojemu je dodan materijal između nogu i ispod ruku, materijal je ravnomjerno raspoređen prema položaju tijela pri letenju. Odijelo ima osam patentnih zatvarača na prednjem dijelu i simetrično je. Dva zatvarača se nalaze u središnjem gornjem dijelu i prate liniju torza prema nogama do polovice bedara te služe pri oblaćenju, druga dva zatvarača završavaju na stražnjem dijelu orukavlja, to su zatvarači koji omogućuju otvaranje orukavlja rukava pri stavljanju padobrana. Slijedeća dva zatvarača služe za oslobađanje ruku prilikom oblaćenja odijela, jednako kao i dva bočna zatvarača koja se protežu do nogavica, u svrhu oslobađanja nogu prilikom spuštanja nakon leta. Dijelovi krila između nogu i ispod ruku su tako raspoređeni da se postiže ravnoteža pri letenju, te se u krilima prednjeg i stražnjeg dijela nalaze otvori nalik na džepove za propuštanje zraka u ravnomjerno raspoređene dijelove krila. Materijal između nogu je oblikovan na način da je u donjem dijelu propusnost zraka manja. Rukavi prednjeg dijela su dodatno zaštićeni štitnikom koji omogućava lakše kretanje u odijelu tijekom letenja, pri čemu pomažu i držači na kraju krila ruku s kojima se lakše uspostavlja kontrola nad krilima ispod ruku.



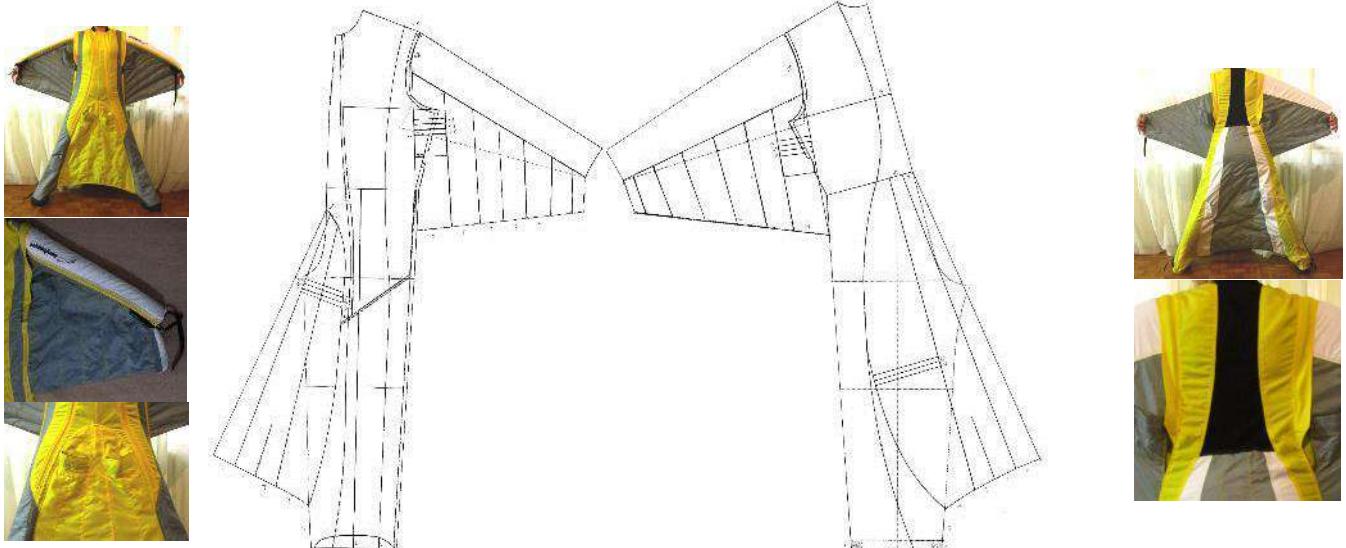
Slika 4: Skica odijela za slobodni skok

Na sl. 5a prikazana je konstrukcija gornjeg i donjeg dijela kombinezona koji služi kao temelj za konstrukciju kombinezona prikazanog na sl. 4. Metodom modeliranja krojeva odjeće izrađen je temeljni krov muškog kombinezona (sl. 5 b).



Slika 5: Konstrukcija i modeliranje muškog kombinezona: a. konstrukcija gornjeg i donjeg dijela kombinezona; b. temeljni krov kombinezona

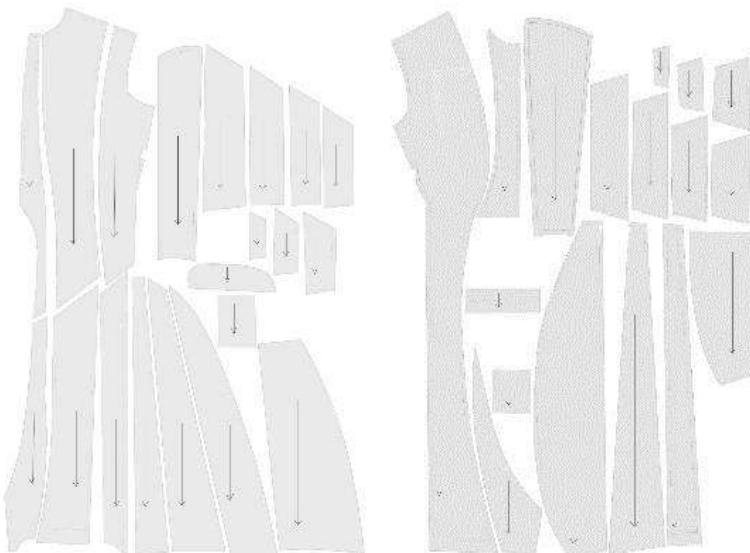
Prekonstrukcija temeljnog kroja kombinezona prikazana je na sl. 6, pri čemu su dodani krojni dijelovi na području ispod ruku tzv. krila, i području u koraku. Isto tako su konstruirani džepovi koji služe za zadržavanje zraka prilikom slobodnog skoka.



**Slika 6:** Prekonstrukcija i modeliranje kombinezona za slobodni skok

#### 4. Rezultati i rasprava

Nakon provedenog modeliranja i prekonstrukcije temeljnog kroja muškog kombinezona izdvojeni su krojni dijelovi na koji su dodani šavni dodaci i porubi (sl. 7). Modeliranje temeljnog kroja je provedeno na način da su utvrđene nove pozicije šavova, otvora i džepova. Odijelo je napravljeno na način da su krila ispod ruku ravnomjerno raspoređena te spojena s bočnim šavom do linije bokova, pri završetku krila nalazi se držač koji pomaže u kontroli leta. U gornjem dijelu rukava nalaze se obli štitnici koji pomažu u stabilnosti krila i prohodnosti zraka kroz aeroprofil cijelog funkcionalnog odijela. Džepovi na prednjem i stražnjem dijelu krila ispod ruku, a također i između nogu služe za prohodnost zraka koji se raspoređuje po cijelom odijelu. Patentni zatvarač omogućava lakše oblačenje ovog odijela, dok je odmah ispod mehanizam kojim se oslobođaju ruke prilikom otpuštanja padobrana. Taj mehanizam funkcioniра na način da se povuče poklopac s čičkom te se izvlači plastični potporanj nakon čega su ruke oslobođene prije otpuštanja padobrana. Radi čvrstoće odijela svi šavovi su preklopni šavovi tipa 2.04.04, šivani dvostruko lančanim ubodom 401, a veći dio odijela je napravljen od materijala koji je zrakonepropusn, dok je stražnji gornji dio odijela izrađen od zrakopropusnog materijala zbog pozicije spremnika padobrana.



**Slika 7:** Krojni dijelovi odijela za slobodan skok sa dodanim šavnim dodacima i porubima

## 5. Zaključak

Težnja za letenjem je oduvijek čovjeku bila bliska, a s ovim odijelom ona postaje i moguća. Bez obzira na iskustvo i sigurnost odijela, pogreške u ovom sportu su često pogubne, stoga se ovaj sport smatra ekstremnim. Važno je napraviti sigurno i funkcionalno odijelo, što znači da treba sustavno pristupiti problematice vezanoj za izradu ovakvog odijela. Vidljivo je da se uz pomoć postojećih tehnika konstruiranja i modeliranja krojeva odjeće iz temeljnog kroja može izraditi odjevni predmet specijalnih namjena uz poznavanje materijala koji su pogodni za izradu takvih odijela, sporta kao i poznavanje aerodinamike funkcionalnog odijela za letenje i prirodnog leta (leteća vjeverica, šišmiš). Konstruiranjem i modeliranjem funkcionalnog odijela za slobodni skok moglo bi dovesti do novih modela koje bi mogle biti najsigurnija opcija za ovaj ekstremni sport, te također opcija dužeg ili bržeg leta.

### Literatura

- [1] *Dostupno na:* <https://en.wikipedia.org/wiki/Parachuting>, *Pristupljeno:* srpanj 2015.
- [2] *Dostupno na:* [https://en.wikipedia.org/wiki/Wingsuit\\_flying](https://en.wikipedia.org/wiki/Wingsuit_flying), *Pristupljeno:* srpanj 2015.
- [3] *Dostupno na:* <http://www.roadsideresort.com/subjects/franz-reichelt>, *Pristupljeno:* srpanj 2015.
- [4] *Dostupno* <https://books.google.hr/books?id=UigDAAAAMBAJ&pg=PA53&lpg=PA53&hl=en#v=onepage&q&f=false>, *Pristupljeno:* kolovoz 2015.
- [5] *Dostupno na:* <https://books.google.hr/books?id=oJ2kYPmFMOIC&pg=PA28&hl=en#v=onepage&q&f=false>, *Pristupljeno:* rujan 2015.
- [6] *Dostupno na:* <http://worldwingsuitleague.com/history>, *Pristupljeno:* kolovoz 2015.
- [7] *Dostupno na:* <http://www.bird-man.com/media/6424/Popular-Science.pdf>, *Pristupljeno:* kolovoz 2015.
- [8] *Dostupno na:* <http://www.airport-data.com/aircraft/photo/000370040.html>, *Pristupljeno:* kolovoz 2015.
- [9] *Dostupno na:* <http://www.thesun.co.uk/sol/homepage/news/article4401782.ece>, *Pristupljeno:* kolovoz 2015.
- [10] *Dostupno na:* <http://phoenix-fly.com/choose-your-wingsuit>, *pristupljeno:* kolovoz 2015.
- [11] *Dostupno na:* <http://extremesports.about.com/od/air-sports/f/Your-Introductory-Guide-to-Wingsuit-Aerodynamics.htm>, *Pristupljeno:* kolovoz 2015.
- [12] *Dostupno na:* <http://cineteq.hubpages.com/hub/wing-suit>, *Pristupljeno:* kolovoz 2015.
- [13] *Dostupno na:* <http://www.skydivemag.com/article/20131005-birds-of-a-feather>, *Pristupljeno:* kolovoz 2015.
- [14] *Dostupno na:* [http://www.intrudair.hu/about\\_materials.html](http://www.intrudair.hu/about_materials.html), *Pristupljeno:* kolovoz 2015.
- [15] Ujević, D.; Rogale, D. & Hrastinski, M.: *Tehnike konstruiranja i modeliranja odjeće*, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, ZRINSKI d. d., ISBN 953-96408-1-4, Čakovec, (2000.)

### Zahvala

Zahvala Robertu Pečniku na suradnji i pruženim informacijama o odijelu za slobodni skok.

### Autor(i):

Jelena MARJANOVIĆ, univ. bacc. ing. techn. text.; Doc. dr. sc. Slavica BOGOVIĆ

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb

Tel: +(385) (3712552)

Fax: +(385) (3712599)

E-mail: marjanovicjelena87@gmail.com  
slavica.bogovic@ttf.hr

## MARKETINŠKA KOMUNIKACIJA NA PRIMJERU UVODENJA BREnda CLOX NA HRVATSKO TRŽIŠTE

### MARKETING COMMUNICATIONS IN THE CASE OF THE INTRODUCTION OF CLOX BRAND ON THE CROATIAN MARKET

Alica GRILEC KAURIĆ & Mia MARIĆ

**Sažetak:** Današnja modna industrija karakterizira brzina i veliki broj konkurenčkih vrlo sličnih proizvoda na tržištu. Ono što čini razliku i održava kupce lojalnim je brend. Izazov današnjice je kreirati uspješan brend i uspješno njime komunicirati s kupcima. U komunikaciji s kupcima nužna je marketinška komunikacija kroz različite komunikacijske opcije. Ovim radom će se definirati marketinška komunikacija i komunikacijske opcije, a studijom slučaja na konkretnom primjeru će se prikazati komunikacijske opcije korištene u komunikaciji brenda CLOX s hrvatskim tržištem. CLOX je uspješan brend modnih dodataka inspiriran temom vremena, poznat po prvim salonkama s funkcionalnim satovima.

**Abstract:** Today's fashion industry is characterized by speed and a large number of competitors with very similar products on the market. What makes the difference and keeps customers loyal is the brand. The challenge today is to create a successful brand and successfully communicate with customers. In communicating with customers marketing communication is essential through various communication options. This paper will define marketing communication and communication options, while a case study on a concrete example will show communications options used in the brand CLOX communication with the Croatian market. CLOX is a time themed accessories brand known for its patented stilettos with fully functional, custom made clocks.

**Ključne riječi:** marketinška komunikacija, brend, tržište

**Keywords:** marketing communications, brand, market

#### 1. Uvod

Poznato je da je u središtu marketinške komunikacije uvijek kupac, no definiranjem marketinške komunikacije kao «procesa menadžmenta odgovornog za komunikaciju s klijentima/kupcima kako bi ih informirali i zadovoljili njihove potrebe i želje» dodaje se nova dimenzija zadovoljavanja kupčevih potreba za informacijama [1]. Obzirom da je kupac današnjice preplavljen morem informacija koje ga konstantno zaskaču kroz razne vizualne stimulacije, Internet, e-mail, društvene mreže, poštu, poruke na mobitelu i direktne pozive, nije više dovoljno reći kako je određeni proizvod najbolji, već je kupca potrebno zabaviti i pri tom informirati. S toga je cilj marketinške komunikacije dati kupcu razlog za kupnju proizvoda i kreirati brend s jakim identitetom koji može uspjeti na vrlo konkurentnom tržištu [1]. Upravo kroz marketinšku komunikaciju poduzeća kreiraju osobnost brenda pomoću kojeg privlače pažnju kupaca, kreiraju tržišnu različitost, grade kupčevu emocionalnu vezanost s brendom i potiču odanost brendu [2]. U ovom radu definirati će se komunikacijske opcije u modnoj industriji dok će se studijom slučaja na konkretnom primjeru prikazati koje su od navedenih komunikacijskih opcija dovele brend CLOX do prepoznatljivog i uspješnog modnog brenda na hrvatskom tržištu.

#### 2. Komunikacijske opcije u modi

Moderne marketinške komunikacije često se sastoje od različitih komunikacijskih opcija koje se definiraju kao «bilo koji oblik komunikacije pokrenut od marketinškog stručnjaka koji je direktno ili indirektno povezan s brendom» [3]. U modi se komunikacija koristi u modnoj kampanji koja može imati za cilj [1]:

1. uvođenje novog brenda/proizvoda,
2. otvaranje novog dućana,
3. informiranje potrošača o promjeni brenda – repozicioniranje i/ili
4. potvrđivanje da je marka vjerodostojna kako kupci ne bi počeli kupovati konkurenčke proizvode (provodi se u trenutku kada konkurenčija ima aktivne kampanje).

Tablica 1. prikazuje komunikacijske opcije s kupcima u modi s pripadajućim definicijama.

Tablica 1: Komunikacijske opcije s kupcima u modi

Red. br.	Komunikacijska opcija	Dodatna pojašnjenja
1.	Modno oglašavanje	Komunikacijski kanali [1]: ✓ Ovlašavanje na televiziji ✓ Ovlašavanje vani: panoi, stanice javnog prijevoza, taxiji... ✓ Ovlašavanje u časopisu ✓ Ovlašavanje na radiju
2.	Promocija prodaje	Najpopularniji tipovi promocije prodaje [4]: ✓ Proizvodi na popustu ✓ Besplatno slanje/Besplatan povrat ✓ «Flash» rasprodaja ✓ «Kupi više, štedi više» ✓ Proizvodi pokloni/Brendirani pokloni ✓ Kartice/bodovi lojalnosti ✓ Poklon kuponi ✓ Blagdanske promocije
3.	Odnosi s javnošću	Cilj odnosa s javnošću u modi [1]: ✓ podići ili potvrditi profil marke/trgovca ✓ pozicionirati proizvod javnosti ✓ poboljšati ostale elemente promocijskog mixa ✓ komunicirati s utjecajnim medijima
4.	Angažiranje poznatih osoba i sponzorstva	Angažiranje slavnih osoba - Izrazito korišteno u modi.
5.	Osobna prodaja	Osobni kupci postaju osobni stilisti Direktan marketing
6.	Vizualna prezentacija	Izlog dućana Uređenje dućana

Izvor: autori prema: Easey, M.: *Fashion Marketing*, Blackwell Publishing, ISBN 978-1-4051-3953-3, UK (2009) [5]

Važno je napomenuti, kako je u modnoj industriji kreiranje «prave» slike/imiđa glavni faktor kod proizvodnje modnih proizvoda upravo zbog činjenice da su kupci vrlo «svjesni brenda» (engl. «brand conscious») i njegovog percipiranog statusa i reputacije [6]. U nastavku, prikazati će se razvoj brenda CLOX i korištene komunikacijske opcije koje su brand uspješno uvele na hrvatsko tržište.

### 3. Nastanak i uvođenje brenda CLOX na hrvatsko tržište

#### 3.1. CLOX brend

Clox je brend modnih dodataka koje povezuje priča o vremenu. Clox iz kolekcije u kolekciju vrijeme preispituje, s njime se igra i utrukuje. Brend je nastao 2012. godine i od onda se uspješno usavršava i izgrađuje na hrvatskom tržištu. Clox je brend inspiriran vremenom i kroz svaku kolekciju Cloxice propituju drugačiji aspekt vremena i s njime se utrukuju. U prvim kolekcijama Cloxice postavljaju pitanje, idemo li naprijed ili se vrtimo u krug? Krug predstavlja jedan dan, jedan mjesec, jednu godinu, jedan život i sve repetativne radnje koje radimo u tom periodu. Uzmimo primjer jednog dana i način na koji počinjemo i zvaršavamo dan, te sve radnje između toga. Koliko toga radimo drugačije svaki dan, a koliko toga ponavljamo? Kolekcija torbica inspirirana je starim zidnim «Ku-ku» satovima, iz kojih izlazi mala ptičica svaki puni sat. Ta kolekcija simbolizira slobodu od vremena i komentira koliko je nekada važno zaboraviti na vrijeme i prepustiti se trenutku, uživati u njemu koliko god on trajao. Sljedeće kolekcije zadržat će okruglu formu sata ali umjesto satova na prednjem djelu cipela biti će zamjenjivi bedževi s poslovicama o vremenu. Bedževi će se moći mijenjati i tako će svatko moći sam kreirati svoj dnevni stajling, kombinaciju boja, pritom dajući sugestiju kako moramo biti svjesni da sami upravljamo svojim vremenom, biramo kako i s kim ga provodimo a time sami kreiramo i svoju sudbinu.

#### 3.2. Komunikacijske opcije pri uvođenju brenda CLOX na hrvatsko tržište

Slijedeći teorijski okvir komunikacijskih opcija, prikazati će se uloga svake pojedine opcije koja se koristila u uvođenju brenda Clox na hrvatsko tržište.

## Modno oglašavanje

**Građenje brenda na društvenim mrežama:** Pri razradi strategije građenja brenda Clox na društvenim mrežama, krenulo se od određivanja tona komunikacije sa ciljnim tržištem analizom odgovora na sljedeća pitanja: *tko je idealna Clox žena, koliko godina ima, što radi, gdje provodi slobodno vrijeme, na kakva mjesta putuje, što jede, kakve filmove gleda i kakve još brendove kupuje?* Nakon analize odgovora na postavljena pitanja, usmjeravalo se oglašavanje. Česta je praksa brendova započinjanje komunikacije s potencijalnim kupcima preko društvenih mreža zbog njihove dostupnosti i lakoće upravljanja i kreiranja sadržaja, te postoji opasnost od nepostojanja plana te neuspjeha u komunikaciji zbog velike količine sličnih oglasa. Uvažavajući navedeno, kao i činjenicu da je Clox proizvod višeg cijenovnog razreda, a kao brend je pomalo nadrealistički s pomalo šaljivom tematikom i veselim tonom komunikacije, kvaliteta fotografije kojom se predstavlja prvi put na tržištu bila je visoke kvaliteta, osvjetljenja i seta uvijek na profesionalnoj razini. Prateći trendove iz modnog oglašavanja, dizajnerica je zaključila kako danas kupci više traže "snimku s terena", iz studija, živi instant video koji im prikazuje kako brend zaista živi iz minute u minutu, te je i brend Clox započeo sve više komunicirati putem animiranih gif videoa i snimki iz tvornice o izradi kolekcija. Na Slici 1. prikazana je fotografija iz prve Clox kampanje koja svjedoči visoku kvalitetu modne fotografije brenda Clox.



Slika 1: Fotografija iz prve Clox kampanje. Fotograf: Mladen Šarić

Slika 2. prikazuje primjer komunikacije s kupcima putem Facebook stranice brenda Clox za vrijeme Valentinova.



Slika 2: Fotografija povodom Valentinova s Clox Facebooka

**Oglašavanje u časopisu:** Kao i na početku stvaranja svakog malog brenda došlo se do problema budžeta i oglašavanja, te se postavilo pitanje: *kako doći do besplatnog PR-a?* Pri rješavanju navedene situacije, vodilo se pretpostavkom da će inovativna priča, proizvod ili kvalitetno snimljena modna kampanja, rezultirati ponudom određenih medija za besplatno oglašavanje kako bi mediji dobili priliku plasirati vizual na svoje stranice. Tako se unaprijed razmišljalo o stvaranju kvalitetnog sadržaja koji će privući naše kupce i prodati proizvod te osigurati i besplatan PR.

Uslijedilo je pitanje: *što komunicirati?* Kada se osigurao prostor za oglašavanje trebalo je smisliti kreativan sadržaj, poruku ili zaposliti PR stručnjake. Prilikom kreiranja oglasa zapitalo se po čemu je brend Clox poseban i drugačiji? Odgovor na to pitanje bilo je važno kratko i jasno sročiti u poruku svojoj ciljnoj skupini, te u jednoj rečenici znati reći što je brend Clox:

**Clox je brand modnog dodatka s univerzalnom pričom o vremenu, poznat po prvim salonkama s funkcionalnim satovima.**

Uslijedilo je pitanje: *koje su posebnosti brenda Clox?* A odgovori su bili sljedeći:

- Clox je prvi brand salonki s funkcionalnim satovima.
- Ideja cipela sa satom je zaštićena.
- Clox ima odličnu diferencijaciju i prepoznatljivost.
- Clox ima neuobičajene, ljuksuzne, okrugle kutije.
- Clox je brand koji priča priču o vremenu, uvijek ga preispituje i utrukuje se s njim.

Nakon uspješno odgovorenih temeljnih definiranih pitanja, definirane ciljne skupine i brend atributa, pristupilo se i oglašavanju u časopisima. Pritom se vodilo računa o izboru časopisa koji je u skladu sa ciljnom skupinom brenda Clox. Časopisi s kojim se surađivalo bili su voljni poslati podatke o svojoj prodaji te definiranom ciljnom skupinom časopisa. Obzirom da je Clox brend višeg cjenovnog razreda, kako s već ranije navelo, nije bilo u cilju komunikacije oglašavati ga u jeftinim print izdanjima, nego u skupljim časopisima koje čitaju mlade menadžerice, bankarice, odvjetnice te se mogu naći u čekaonicama svih boljih kozmetičkih i frizerskih salona gdje takve žene odlaze. Na slici 3. prikazana je objava o brendu Clox u Hrvatskom izdanju časopisa Elle.



**Slika 3:** Objava u Hrvatskom ELLE-u, Travanj / 2012

Iako novinarima uvijek ciljano nameću činjenice oni su skloni prilagoditi priču svom članku ili potrebi, pa se s takvim stvarima bore na način da tekst traže na autorizaciju prije objave. Na Slici 4. nalazi se objava iz magazina Diva.

## Priča o vremenu i o cipelama

**CloX je prvi brend salonskih funkcionalnih satova** zasnovan u Hrvatskoj i u svijetu, a proizvodi se u obiteljskoj tvornici Roosval u Dugoj Resi.

Male kućaške loje trče u krog na sate prikazuju novinu koju i vremena te njihova površina su izložene i modernim trendom koji je došao u današnji u kroz pokretanjem prema novim stilima nekašnje vise na sebi. Nege na hrvatsku su uvezene karavati magazinima i novinama, ali i u obiteljskoj tvornici Roosval. Sat je zadržao svoju funkciju na cipeli, ne kada bi pokazivao vremena, već kada bi pokazivala dinamika te određen koncept u vremenu. Što je, ne često se pribavlja u prodaju sa svečanim godišnjem

"Ideja se rodila savremeni slavljanju, preva sam cipeli sa satovima napravila za sebe pa tako to postalo edukacija preveriti ih brend, i sve na raspoređenim partnerima Agora Managementa". Kako Mia Marko, direktorka tvrtke Clox, Novi modeli cipela su inspirirani raznim stilovima i trendovima, a i razne vrste materijala, odnosno da se mogu nositi i zasebno. Kreli se u blagdanima danima mode sklanjajući cipela i nositi zasebno, kao i lepotir mlađa djevojčice. IZ klasične, kao ručni sat, ženskih, obuća te majstorske ležeće dobleži je manje od 1.400 kn. Ako je treba da se pojednostavi, onda je to jednostavno i lako, da se ukloni satova i cipela i te se, učinjava čudesna, specifična prava ljetna igra, koju se može učiniti i učiniti svaki novi model. Zatim, nismo ni mi uigurni da bi osvojio ovim startnikom koji su čak i pakirani poput ključnih bočica u plastične papire.

Slika 4: Objava u Hrvatskom magazinu DIVA/ LIPANJ / 2014 / BROJ 39

**Oglašavanje na radiju:** Oglašavanje na radiju nije namijenjeno Clox brendu jer isključuje važnu vizualnu komponentu koja je presudna kako za Clox, tako i za gotovo sve modne brandove. Vodeći se idejom da ukoliko postoji zanimljiv proizvod, može se pronaći ciljanu radio emisiju koja se bavi modnim sadržajem i ponudit joj na poklon jedan artikl za njihove slušatelje. Tako se i nova kolekcija Cloxa oglasila u modnoj emisiji Otvorenog radija 13.05.2015. u rubrici Trendovi, te je jedna djevojka osvojila ljetne Clox sandale. Tražila se pepeljuga s malom nožicom, te je na Facebook stranici Otvorenog radija bila otvorena igra gdje su sudionici postali fotografije svojih malih stopala.

### Promocija prodaje

Obzirom da je danas najvažnije stvoriti svoju bazu kupaca i lojalnih fanova, te je dobro ne ovisiti o tudim prodajnim mjestima, već izgraditi svoje, ako ne u fizičkoj prodavaonici onda putem vlastitog web shopa kojim možemo pokriti čitavi svijet, tako i Clox gradi svoju bazu kupaca kroz mailing listu te to koristi kao promociju za prodaju, na način da dosadašnjim kupcima preko web shopa šalje popust kodove za sljedeću kupnju ili blagdanima popust za kupnju poklona. Također, Clox nudi besplatnu dostavu za cijelu Europu, i na taj način osigurava dodatno povjerenje kupaca i opravdava vrijednost robe, te zadnje parove iz kolekcije Clox nudi po sniženim cijenama. Za blagdanske rasprodaje Clox uvijek napravi novu imidž kampanju, kao npr. za Noć vještice ili Božić te u sklopu nje ponudi određeni broj popust kodova za kupnju putem Clox web shopa. Na Slici 5. prikazane su tematske fotografije brenda Clox.



Slika 5.: Halloween kampanja uz koju je objavljen popust code i Halloween video na Clox društvenim mrežama

### Angažiranje poznatih osoba

Brend Clox je na početku djelovanja uspostavio suradnju s jednim modelom, blogericom i tv voditeljicom. Sve osobe izabrane su kao savršene Clox djevojke te su puno pridonjele prodaji Cloxic u Hrvatskoj. Na Slici 6. nalaze se fotografije Ive Šulentić kao Clox djevojke.



Slika 6: Iva Šulentić, TV voditeljica / Fotografija: Goran Čižmešija

Na Slici 7. i 8. prikazane su Anita Dujić i Ljupka Tanevska, također kao Clox djevojke.

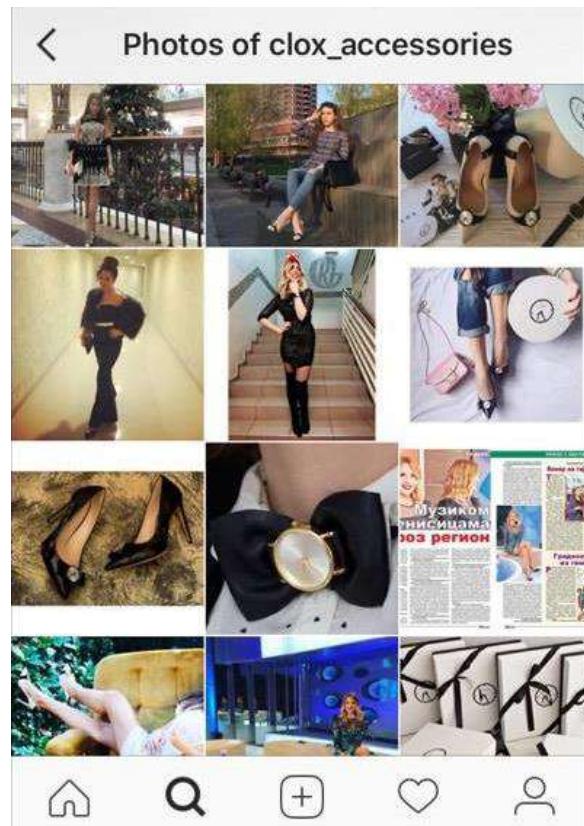


Slika 7: Anita Dujić, model

Slika 8: Ljupka Tanevska, modna blogerica / Fotografija: Filip Tot

### Osobna prodaja

Kupci koji postaju stilisti i dalje oglašavaju Clox proizvod zaživjeli su zahvaljujući društvenim mrežama. Posebice na Instagramu, osobe koje kupe Clox cipele često se «tegaju» na Clox profil, a to brendu daje na vjerodostojnosti te mu pomaže izgraditi povjerenje kod kupaca. Sve češće kupci odlaze na dio Instagrama koji ne moderira brand već kupci i ovisno o tome stvaraju sliku o brandu. Na Slici 9. nalazi se više fotografija Instagram korisnika koji ujedno i promoviraju Clox.



**Slika 9.:** Kupci koji na svom instagramu reklamiraju vaš proizvod, pomažu stvaranju povjerenja kod novih Clox kupaca.

### Vizualna prezentacija

Vizualna prezentacija na prodajnim mjestima uvelike utječe na prodaju brenda Clox. Važno je brand pozicionirati na odgovarajuća prodajna mesta, te na prodajnom mjestu između proizvoda sličnog ili istog prodajnog ranga te odgovarajuće lokacije i uređenja.



**Slika 10.:** Prodajno mjesto brenda Clox, a) SoleLuna / Poreč, b) Roses Fashion Outlet / Začretje, c) D BOX / Zagreb, d) Pentlja / Ljubljana

#### 4. Zaključak

Pregledom literature i definiranjem komunikacijskih opcija, te analizom korištenih opcija u uvođenju brenda Clox na hrvatsko tržište zaključuje se kako se od 6 komunikacijskih opcija sugeriranih literaturom, u konkretnoj studiji slučaja koristilo njih 4: modno oglašavanje, promocija prodaje, angažiranje poznatih osoba, osobna prodaja i vizualna prezentacija. Svaka od korištenih komunikacijskih opcija bila je jednako važna i pospješila je približavanje novog brenda cilnjom tržištu. Važno je napomenuti, kako je prije same komunikacije i izbora opcija prethodilo definiranje ciljne skupine korisnika, te se odgovorilo na brojna pitanja poput: što se želi komunicirati? koje su posebnosti brenda Clox? Kako «pomiriti» buđet i želje za oglašavanjem? i mnoga druga. Analizirana studija slučaja korištenja komunikacijskih opcija pri uvođenju brenda Clox na hrvatsko tržište može poslužiti kao svojevrstan vodič za razmatranje i kreiranje strategije izlaska novog modnog brenda na hrvatsko tržište.

#### Literatura

- [1] Easey, M.: *Fashion Marketing*, Blackwell Publishing, ISBN: 978-1-4051-3953-3, UK (2009), str. 218.
- [2] Kim, H-S. i Hall, M.L.: *Fashion Brand Personality and Advertisement Response: Incorporating a Symbolic Interactionist Perspective*, u *Fashion Branding and Consumer Behaviors*, Springer, ISBN 978-1-4939-0276-7, New York (2014), str. 29-45.
- [3] Keller, K.L.: Mastering the Marketing Communications Mix: Micro and Macro Perspectives on Integrated Marketing Communication Programs, *Journal of Marketing Management*, 17:7 (2001), str. 820, ISSN: 2333-6099
- [4] The top 10 most popular types of sales promotion, *Dostupno na:* <https://www.sparkpay.com/the-top-10-most-popular-types-of-sales-promotions> *Pristupljeno:* 5.1.2017.
- [5] Easey, M.: *Fashion Marketing*, Blackwell Publishing, ISBN 978-1-4051-3953-3, UK (2009) [5]
- [6] Burke, S.: *Fashion Entrepreneur*, Burke publishing, ISBN (10): 0-9582 733-0-8, Kina (2010), str. 85.

#### Autor(i):

Dr. sc. Alica GRILEC KAURIĆ  
Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10 000 Zagreb  
Tel: +385 1 3712 554

E-mail: alica.grilec@ttf.hr

Mia MARIĆ  
Clox  
Čajkovčeva 17, 10000 Zagreb  
Tel: 099 211 05 98

E-mail: info@clox.hr

## PLATFORMA ZNANJA ZA PRIJENOS ISTRAŽIVANJA I INOVACIJA U PROIZVODNJU OBUCÉ

### KNOWLEDGE PLATFORM FOR TRANSFERRING RESEARCH AND INNOVATION IN FOOTWEAR MANUFACTURING

<sup>1</sup>Ana Marija GRANCARIĆ, Aura MIHAI<sup>2</sup>, Carmen ARIAS CASTELLANO<sup>3</sup>, Carlos VAZ DE CARVALHO<sup>4</sup>, Rosa Ana PÉREZ FRANCÉS<sup>5</sup>, Rita SOUTO BIZARRO<sup>6</sup>, Nikolaos BILALIS<sup>7</sup>, Luminita ALBU<sup>8</sup>, Dimosthenis PAPAKONSTANTINO<sup>9</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu – Tekstilno-tehnološki fakultet ana.marija.grancaric@ttf.hr

<sup>2</sup>TUIASI - Universitatea Tehnica Gheorghe Asachi din Iasi,

<sup>3</sup>CEC - European Confederation of the Footwear Industry, <sup>4</sup>Virtual Campus Lda

<sup>5</sup>INESCOP - Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas, <sup>6</sup>CTCP- Centro Tecnologico de Calcado de Portugal, <sup>7</sup>Technical University of Crete

<sup>8</sup>INCDTP- Institutul National de Cercetare-Dezvoltare pentru Textile si Pielarie

<sup>9</sup>CRE.THI.DEV- Creative Thinking Development,

**Sažetak:** K4Footwear je jedan od brojnih ERASMUS + projekata, koji će doprinijeti inovativnosti u proizvodnji obuće prijenosom znanja tri sveučilišta, Agencije za obrazovanje i prijavu EU projekata, te Europske Federacije udruženja proizvođača obuće. Ovaj projekt pripada skupini projekata pod općim nazivom Knowledge4Innovation. Projekt će raditi sukladno europskoj strategiji razvoja pod motom ekonomija temeljena na znanju (Knowledge-based economy). Ovo je moguće ostvariti metodama programa Trokuta znanja, što je još pred desetak godina predložilo Ministarstvo obrazovanja Nordijskih zemalja a Europska Komisija 2009. prihvatile. Trokut znanja ovdje znači međudjelovanje obrazovnih institucija, istraživanja i poduzetništva (proizvođača i drugih javnih subjekata - kultura, zdravlje i drugo). U proizvodnji ovo de facto znači razvoj proizvodnje inovacijama koje dolaze prijenosom znanja iz obrazovnih i drugih institucija znanja, te istraživanjima važnim za razvoj određene struke. Ovdje se ne misli na znanstveno istraživanje, već na istraživanje vezano za inovacije u struci. Za project K4Footwear to su inovacije u proizvodnji obuće.

**Abstract:** K4Footwear is one of a numerous ERASMUS + projects, which will contribute to innovation in footwear production by transfer of knowledge between three universities, the Agency for Education and the application of EU projects, and the European Federation of Associations of manufacturers of footwear. This project belongs to the group of projects under the general title Knowledge4Innovation. The project will work in accordance with the European development strategy under the motto Knowledge-based economy. This can be achieved by the methods of the program Triangle of knowledge, which was ten years ago proposed by the Ministry of Education of the Nordic countries and the European Commission adopted it in 2009. The triangle of knowledge means the interaction between educational institutions, research and entrepreneurship (manufacturers and other public entities - culture, health, etc.). From the point of the production this means development of production innovations which are coming by transfer of knowledge from educational and other institutions of knowledge and research relevant for development of a particular profession. This is not thought to scientific research, but the research on innovation in the field. For this project K4Footwear these are the innovations in footwear.

**Ključne riječi:** ERASMUS+ projekt; e-učenje, trokut znanja, proizvodnja obuće, knowledge4Innovation

**Key words:** ERASMUS+ project; e-learning, triangle of knowledge, footwear production, knowledge4Innovation

#### 1. Uvod

K4Footwear je akronim ERASMUS + projekta pod nazivom Platforma znanja za prijenos istraživanja i inovacija u proizvodnju obuće (Knowledge Platform for Transferring Research and Innovation in Footwear Manufacturing), sporazumom pod brojem No. 2015-1-RO01-KA203-015198, u trajanju od 2015.do 2018. godine. Europa, u odnosu na ostatak svijeta, ima dragocjenu tradiciju i vodeću poziciju u proizvodnji obuće.

U globalnoj ekonomiji gdje su suodrživost tvrtki i zapošljavanje neizvjesno, potreba za izradom *Trokuta znanja* (iz tri izvora znanja:obrazovanje, istraživanje i poduzetništvo) sve više postaje europska nužnost. Dobro je poznato da je proizvodnja vrlo osjetljiva na međunarodne izazove koje donosi globalizacija i konkurenca (1). U tom općem kontekstu, proizvođači obuće su prisiljeni donositi važne strateške promjene s dodanim vrijednostima svojim proizvodima. Međutim, i na proizvode s dodanom vrijednošću dolazi se istraživanjem i inovacijama u vidu stila i dizajna, prilagodbe marki, visoke kvalitete, visoke tehnologije, novih poslovnih modela, održivog razvoja i neizostavne zaštite okoliša (2). U izješču pod nazivom Ključni podaci o odgoju i obrazovanju u Europi 2009. godine, u izdanju za obrazovanje, audiovizualnu djelatnost i kulturu, očekuje se da će ideja koja uključuje visoko obrazovanje, istraživanje i industriju, povećati resurse za inovacije. Stvaranjem i razvoj tzv. Zajednica znanja u stvarnom partnerstvu visokog obrazovanja, istraživanja i industrije, ova ideja će se zaista i ostvariti (3). Projekt Knowledge4Footwear je upravo primjer ovakvog partnerstva tvoreći Zajednicu znanja za industriju obuće, osnovanu na *Trokutu znanja* (2). U razmišljanju kako bi u budućnosti visoko obrazovani građanin trebao izgledati, neovisno da li je diplomirao u tehnologiji ili znanosti, idealan profil je definiran slijedećim: uspješan rad u timu, dobra komunikativnost, spremnost za analizu i sintezu, lage transformacije, s reflektirajućim i kritičkim sposobnostima. Dakle, diplomirani trebaju biti fleksibilni i pomoći svojoj organizaciji ili tvrtki, neposredno nakon diplome,lako se suočiti s brzim i stalnim promjenama. Stoga, studijski programi trebaju tretirati studente intelektualnim i aktivnim, a ne pasivnim slušačima (2)



**Slika 1:** Partneri projekta Knowledge 4Footwear na radnom sastanku u Technical University of Crete, Chania (GR), 5 srpnja 2016.



## 2. Svrha i ciljevi projekta

Jedna od smjernica Europske unije, ali i nacionalnih prioriteta njenih članica, je izrada *Trokuta znanja* povezivanjem visokog obrazovanja, istraživanja i poslovanja, za visoki doseg izvrsnosti u proizvodnji. Slijedom ove smjernice projekt Znanje4Obuću (Knowledge 4Footwear) ima za cilj orijetirane inovacije doprinosom poticanju izvrsnosti i usavršavanju u proizvodnji obuće, spajanjem tri područja, obrazovanje, istraživanje i poslovanje. Ovaj projekt će pokazati dobru praksu suradnje i povezivanje dijametralno različitih područja, obrazovanje i rada.

Sukladno ovom cilju, projekt Knowledge4Footwear je usmjeren na sljedeće dvije skupine polaznika predavanja i obuke:

- Studenti upisani u visokom obrazovanju
- Stručnjaci iz proizvodnje obuće, uključeni u svim razinama upravljanja, dizajneri, inženjeri i tehničari.

U svrhu postizavanja ovog cilja, projekt će raditi na slijedećem:

- razviti aktivnu suradnju između sveučilišta, poslovne zajednice i istraživačkih centara, za procjenu potreba vještina, za inovacije i tehnološki transfer;
- projektirati, testirati i provesti zajednički nastavni plan i program za virtualne prakse i pripadajuće e-learning sadržaje, koji sadrže kreativno razmišljanje i dobar pristup rješavanju problema;
- postaviti *Platformu znanja* koja će olakšati prijenos inovacija u proizvodnji obuće, simulirajući faze u razvoju istraživačkih projekata.

- Konzorcij projekta uključuje osam organizacija s različitim tručnosti i kompetencija kao što su sveučilišta, istraživački centri, te mali i srednji proizvođači, iz Rumunjske, Španjolske, Portugala, Grčke i Hrvatske te Europske konfederacije industrije obuće (CEC) sa sjedištem u Bruxellesu. Partneri projekta su:
  - TUIASI - Universitatea Tehnica Gheorghe Asachi din Iasi, RO
  - CEC - Europska konfederacija industrije obuće;BE
  - Virtual Campus Lda, PT
  - INESCOP - Instituto Tecnologico del Calzado y Conexas, ES
  - CTCP- Centro Tecnologico de Calcado de Portugal, PT
  - Sveučilište u Zagrebu - Tekstilno-tehnološki fakultet (TTF), HR
  - Istraživački Odbor Tehničkog sveučilišta PEUS, GR

### 3. Predviđeni rezultati projekta

Projekt Knowledge4Footwear Knowledge4Footwear uvodi inovativne alate za prilagodbu i ažuriranje učenja te usavršavanja pružatelja visokog obrazovanja za menadžere, dizajnera i inženjera, kako bi se postigla veća kreativnost, inovativnost i visoka tehnologija u Europskoj proizvodnji obuće i srodnim područjima.

Predviđeni rezultati projekta su slijedeći:

- Mapiran *Trokut znanja* za prijenos istraživanja i inovacija u proizvodnji obuće
- Program obuke i e-learning sadržaja za prijenos istraživanja i inovacija
- Multimedijalni priručnik za obuku, u elektroničkoj verziji
- Knowledge4Foot Platforma za prijenos istraživanja i inovacija u proizvodnju obuće
- Knjiga predavanja za poduzetničko razmišljanje u proizvodnji obuće
- Završni skup o istraživanjima i inovacijama u proizvodnji obuće
- Intenzivni program za studente u visokom obrazovanju

Ovaj projekt širi viziju Europske Komisije za obrazovanje i obuku (European Education and Training Commission - ET 2020) navodeći otvoreno obrazovanje u kojem pojedinci mogu naučiti bilo kada, bilo gdje, uz potporu svima koji koristie bilo koji razrađeni materijal ovog projekta. Projekt promiče i podržava otvoreni pristup obrazovnim materijalima, izvješća, objavljenog znanstvenog ili reklamnog materijala. Svi materijali će biti na engleskom jeziku, neki i na jeziku članova konzorcija projekta Knowledge4Footwear.

### Literatura

- [1] Gottlieb, H. Mörtsberg Backlund, M., The Knowledge Triangle Programme: Methods and Tools in Design, Nordic Council of Ministers, Nordic Council of Ministers Secretariat, Social Sciences, ISSN 0908-6692 ; 2015:567 Copenhagen: Nordisk Ministerråd, 2015., Dostupan na <http://norden.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A848566&dswid=-2711>, Pristupljeno, 2. siječnja 2017.
- [2] Knowledge Platform for Transferring Research and Innovation in Footwear Manufacturing. Authors Aura Mihai et al., Proceeding of the 6th International Conference, Advanced Materials and Systems, ICAMS 2016, ISSN: 2068 – 078, Bucharest, CERTEX, 2016, pp. 577-582
- [3] Key Data on Education in Europe 2009, published by the Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA P9 Eurydice), ISBN 978-92-9201-033-1, p.3, (2009)

### Zahvala

Autori zahvaljuju Europskoj Komisiji na odobrenom projektu K4Footwear (Knowledge Platform for Transferring Research and Innovation in Footwear Manufacturing), pod brojem 2015-1-RO01-KA203-015198, koji je partnerima omogućio rad na aktualnoj problematici iz područja obrazovanja europskog građanina za izvrsnost rada u proizvodnji obuće, novim metodama stjecanja znanja za doprinos ekonomije Europe temeljene na znanju.

### Autor(i):

Prof. emerita Ana Marija GRANCARIC  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb  
Tel: + (385) (91) 591 46 37

Fax: +(385) (1) 47 88 354

E-mail: amgranca@ttf.hr



---

**POSTERI**

---

**POSTERS**



# TEMELJNA FIZIKALNO-MEHANIČKA SVOJSTVA PRSTENASTE, ROTORSKE I AERODINAMIČKE PREĐE IZ VISKOZNIH VLAKANA



Zenun SKENDERI; Dragana KOPITAR & Tomislav ČOLAKOVIĆ

## SAŽETAK

Ispitane su viskozne predene prstenaste, rotorske i aerodinamičke pređe nazine finoće 20 tex namijenjene za izradu pletiva. Najveća vrijednost prekidne sile i čvrstoće ima prstenasta pređa, slijedi aerodinamička pređa, dok rotorska pređa je relativno najslabija. Najveće prekidno istezanje ima također prstenasta pređa. Jednoličnost mase pređe je izražena kod prstenaste pređe, dok su jednoličnosti rotorske i aerodinamičke veće i međusobno su na gotovo jednakoj višoj razini. Veći broj tankih i debelih mesta pokazuju rotorska i aerodinamička pređa, dok je dlakavost pređe manja kod rotorske i aerodinamičke pređe. Uredenost vlakana u pređi je glavni parametar koji definira temeljnu fizikalno mehaničku svojstva predeni pređa.

S

## EKSPERIMENTALNI DIO

Iz vlasastih viskoznih vlakana t. Lenzing ispredene su 3 vrste predeni pređa, prstenasta, rotorska i aerodinamička, jednake finoće 20 tex (Nm 50) namijenjene za izradu pletiva. Prstenasta pređa ispredena je na predilici Zinsler 351, rotorska na Rietorovoj predilici R40 dok je aerodinamička predilica ispredena na Rietorovoj predilici J20. Finoća viskoznih vlakana je 1,15 dtex, a srednja dužina vlakana 36 mm. Ispitana su osnovna fizikalno-mehanička svojstva pređa: finoća, uvojito, rasleza svojstva, nejednoličnost i dlakavost, te je provedena usporedba navedenih parametara kvalitete. Za ispitivanje i usporedbu od svake vrste pređe uzeto je po 10 namotaka, i to: kržnimamotu prstenaste pređe sa stroja za prematanje i čišćenje pređe, kržni namotci sa rotorske predilice te kržni namotci sa aerodinamičke predilice. Eksperimentalni dio kao i dio rezultata ovog rada su iz završnog rada izrađenog na Tekstilno-tehnološkom fakultetu.

## REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati ispitivanja finoće pređa pokazuju da su iste u granicama od 19,7 do 20,1 tex (tab. 1). Odstupanje finoće među namotima jedne vrste pređe malo te da pojedine pređe vrlo malo odstupaju od nazine finoće.

Uvojito pređe pokazuje njezinu namjeru. Sve pređe su namijenjene za izradu pletiva te je i koeficijent uvijanja tako odabran. Rotorska pređa ima nešto veći koeficijent uvijanja ( $3408 \text{ m}^{-1} \times \text{tex}^{1/2}$ ) od prstenaste ( $3285 \text{ m}^{-1} \times \text{tex}^{1/2}$ ), jer rotorska pređa u svojoj strukturi ima relativno neizravnata i uzdužno neusmjerena vlakna (tab. 2). Uvojito aerodinamičke pređe nije određena na torziometru već se kod izvještaja o uvojito navodi tlak zraka u prelakoj jedinicu i izlazna brzina, a temeljem uputa proizvođača strojeva.

Najveći vrijednost prekidne sile ima prstenasta pređa (355,0 cN, sl. 1a, tab. 3), dok najmanja ima rotorska pređa (264,3 cN, sl. 1b). Aerodinamička pređa ima vrijednost prekidne sile 309,2 cN (sl. 1c), i nalazi se po vrijednosti između prstenaste i rotorske pređe, tab. 4 i 5). Kako su finoće vrlo ujednačene, posjedljeno tome i vrijednosti čvrstoće pređe su poređano redoslijedu kao i kod prekidne sile, najveća čvrstoća prstenaste pređe (17,75 cN/tex), aerodinamičke (15,46 cN/tex) te rotorske (13,21 cN/tex). Prekidno istezanje pređe kreće se u granicama od 9,60 % do 13,04 % i prati prekidnu silu odnosno čvrstoću pređe. Kako je rad do prekida produkt prekidne sile i istezanja, najbolje ponasanje u smislu rada ima prstenasta pređa (14,80 N×cm), zatim aerodinamička (11,54 N×cm) te na kraju rotorska (8,65 N×cm).

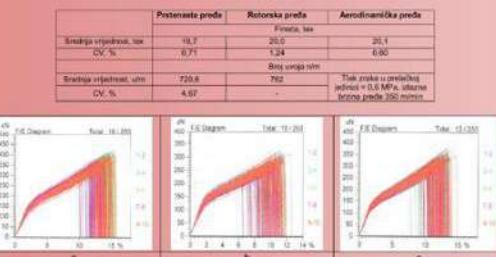
Nejednoličnost pređe najmanja je kod prstenaste pređe (10,27 %, tab. 6) iz razloga

urednosti vlakana u strukturi pređe, dok je veća kod rotorske i aerodinamičke pređe (13,75 % odn. 13,97 %).

Broj tankih i debelih mesta kod osjetljivosti od -50 % odn. +50 %,

izrazito je manji kod prstenaste pređe (0 odn. 5) u odnosu na ostale pređe. Najveći broj debelih mesta ima aerodinamička pređa (28,8), dok je broj čvrćih najmanji kod aerodinamičke pređe (9,0/1,0), što je posljedica dobrog obavijanja vlakana jezgre vlakana u strukturi pređe. Najveća dlakavost je kod rotorskog pređe (3,75) i nešto malo veća je kod aerodinamičke pređe (3,99), dok je najveća kod prstenaste pređe (5,39).

Tablica 1: Finoća i uvojito pređa



Slika 1: Dijagram sile - istezanje pređe: a) prstenasta, b) rotorska, c) aerodinamička

## ZAKLJUČAK

Temeljem rezultata ispitivanja pređa, mogu se donijeti slijedeći zaključci:

- ✓ sve pređe su u pogledu finoće vrlo ujednačene i vrlo malo odstupaju od nazine finoće od 20 tex.
- ✓ najveća vrijednost prekidne sile i čvrstoće ima prstenasta pređa, slijedi aerodinamička, dok rotorska pređa ima najmanju.
- ✓ prekidno istezanje pređa kreće se u granicama od 9,60 % do 13,04 %.
- ✓ najveći rad do prekida ima prstenasta pređa a najmanji rotorska.
- ✓ najveća jednoličnost pokazuje prstenasta pređa, dok su jednoličnosti rotorskog i aerodinamičke veće i međusobno su na gotovo jednakoj višoj razini.
- ✓ broj debelih i tankih mesta je najmanji kod prstenaste pređe.
- ✓ Manja dlakavost pokazuju rotorskog i aerodinamička pređa od prstenaste pređe.

Tablica 2: Rasleza svojstva prstenaste pređe

Broj namotka	Vrijeme do prekida, s	Prekidna sila, cN	Prekidno istezanje, %	Čvrstoća, cN/tex	Rad do prekida, N × cm
1/25	0,73	333,0	12,08	16,55	13,02
2/25	0,76	350,1	12,52	17,51	14,19
3/25	0,82	373,5	13,69	18,67	16,26
4/25	0,73	339,4	12,06	16,97	13,40
5/25	0,83	378,8	13,85	18,94	16,52
6/25	0,85	366,0	14,06	18,30	16,09
7/25	0,73	344,8	12,12	17,24	13,59
8/25	0,76	343,0	12,87	17,15	13,94
9/25	0,81	351,1	13,43	17,55	14,90
10/25	0,84	369,9	13,90	18,50	16,09
Srednja vrijednost	0,78	355,0	13,04	17,75	14,80
CV %	9,2	8,0	9,2	8,0	14,9

Tablica 3: Rasleza svojstva rotorskog pređe

Broj namotka	Vrijeme do prekida, s	Prekidna sila, cN	Prekidno istezanje, %	Čvrstoća, cN/tex	Rad do prekida, N × cm
1/25	0,57	257,8	9,53	12,89	8,38
2/25	0,58	266,1	9,72	13,31	8,76
3/25	0,55	260,3	9,08	13,02	8,16
4/25	0,58	259,3	9,63	12,96	8,52
5/25	0,59	270,0	9,85	13,80	9,26
6/25	0,58	262,4	9,64	13,12	8,63
7/25	0,58	264,7	9,56	13,24	8,62
8/25	0,57	252,9	9,40	12,64	8,08
9/25	0,62	274,2	10,30	13,71	9,43
10/25	0,56	269,9	9,30	13,54	8,60
Srednja vrijednost	0,58	264,3	9,60	13,21	8,65
CV %	12,4	9,0	12,4	9,0	16,4

Tablica 4: Rasleza svojstva aerodinamičke pređe

Broj namotka	Vrijeme do prekida, s	Prekidna sila, cN	Prekidno istezanje, %	Čvrstoća, cN/tex	Rad do prekida, N × cm
1/25	0,69	308,0	11,39	15,40	11,29
2/25	0,67	308,2	11,21	15,41	11,27
3/25	0,71	310,4	11,72	15,52	11,74
4/25	0,72	308,9	11,90	15,44	11,75
5/25	0,65	300,7	10,88	15,04	10,72
6/25	0,70	313,1	11,71	15,65	11,84
7/25	0,69	301,0	11,41	15,05	11,06
8/25	0,71	312,0	11,75	15,60	11,75
9/25	0,74	322,1	12,33	16,10	12,65
10/25	0,66	307,1	11,29	15,35	11,29
Srednja vrijednost	0,70	309,2	11,56	15,46	11,54
CV %	10,9	8,2	10,9	9,2	17,3

Tablica 5: Nejednoličnost pređa, greške na predi i dlakavost

Svojstva pređe	Prstenasta	Rotorska	Aerodinamička
CVm, %	10,27	13,75	13,97
CV, %	2,3	1,1	1,3
Ntm/km (-50%)	0,0	6	12,3
CV, 0	0	63,8	35,3
Ndm/km (+50%)	5	26	28,8
CV, 0	85	34,6	45,1
Nkm/km (+200%/-200%)	23/5	87/4	9,0/1,0
CV, %	6,8/2,7	31,0/107,5	69,5/14,8
H	5,39	3,75	3,99
CV	3,6	1,7	2,9

## DIZAJN I PROIZVODNJA MODNE OBUĆE NA GLOBALNOJ RAZINI - OD IDEJE DO GOTOVOG PROIZVODA



Slavenka Petrk

Nataša Sekulić

Marina Orešković Fumić



Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Bauerfeind d.o.o. PJ Antunovac

### 1. Uvod

Opisan je koncept dizajna i proizvodnje modne obuće nižeg cijenovnog ranga, koji je u današnje vrijeme prisutan na globalnoj razini. Velik broj proizvođača obuće diljem svijeta u matičnim tvrtkama zadržava dizajn novih modela obuće, dok se izrada probnih uzoraka i serijska proizvodnja odvijaju uglavnom u Kini. Cilj takvog koncepta proizvodnje modne obuće je što brže odgovoriti potrebama pojedinih segmenta tržišta te zadovoljiti modne kriterije s aspekta atraktivnosti i aktualnosti dizajna, međutim uz nizu razinu kvalitete proizvoda. Opisane su metode koje se primjenjuju u dizajnu novih modela te postupci odabira i pripreme crteža kao dijela proizvodne dokumentacije. Objasnjen je koncept proizvodnje uzoraka i način ugovaranja kolekcija s naručiteljima.

### 2. Dizajn novih modela obuće

Razvoj novog modela obuće podrazumijeva cjeloviti proces od početne ideje, preko razrade dizajna do realizacije gotovog proizvoda, kroz sve faze tehnoloških procesa proizvodnje. Modeli su u uvijek izrađuju jednu sezonu unaprijed, tako da dizajneri uglavnom na temelju prošlih sezona pokušavaju nastaviti i prikupiti informacije što će se nositi sljedeće sezone. Na osnovu prikupljenih informacija određuju koncept nove kolekcije. Razrađuju se detaljan plan u kojem se definiraju vrste konstrukcija, tip obuće i detalji koji će se koristiti kroz cijelu kolekciju. Na temelju razrađenog plana i inspiracije koju su odabrali, dizajneri pristupaju dizajniranju novih modela obuće.

#### 2.1. Praćenje modnih trendova

Kontinuirano i aktivno praćenje modnih trendova najzahtjevniji je dio posla svakog dizajnera obuće. U današnje vrijeme modne trendove u velikoj mjeri diktiraju društvene mreže i internetski portalni, zbog čega je vrlo važno da dizajner ili osoba koja je zadužena za praćenje modnih trendova svakodnevno istražuje i promatra događaje na modnoj sceni.



Fashion week London,  
proljeće/jeto 2017.



Fashion week Milano, revija D&G  
proljeće/jeto 2017.



#### 2.2. Metode dizajniranja novih modela obuće

Dizajniranje novih modela obuće može se realizirati primjenom metode ručnog crtanja, konvencionalnim likovnim tehnikama. Suvremenija metoda podrazumijeva primjenu CAD sustava (engl. Computer Aided Design) i specijaliziranih programa namijenjenih računalnom dizajnu obuće.



Ručno realiziran crtež novog modela obuće i model izrađen na temelju crteža

Dizajn i uređivanje novog modela u programu Photoshop i 3D prototipovi modela obuće - Shoemaster Creative

### 3. Priprema crteža za proizvodnju, odabir materijala i proizvodnja uzorka obuće

Pri odabiru novih modela detaljno se pregledava svaki crtež uzimajući u obzir zahtjevnost izvedbe kalupa, pojedinih detalja i konačni izgled samog novog modela. Izabrani modeli razrađuju se do najsjitnijih detalja. Oko 90% svih potrebnih detalja, materijala i modnih dodataka u Kini se može kupiti u velikim specijaliziranim prodavaonica, a jedino se tekstilni materijali nabavljaju na sajmu tekstila koji je najveći u Kini.



Priprema crteža novih modela za proizvodnju



Palete umjetnih materijala za proizvodnju obuće



Salon uzorka u tvrtki gdje kupci i naručitelji biraju nove modele

Za izradu novog modela obuće potrebno je mjesec dana, pri čemu veliku ulogu imaju kontrolori kvalitete. Njihova uloga je ispitati kvalitetu naručenog uzorka prije isporuke uzorka tvrtki koja ih je naručila. Kada uzorci stignu u tvrtku koja ih je naručila, izlazu se u salon uzorka gdje ih potencijalni kupci dolaze birati ili se šalju putem elektronske pošte kao tjedne novosti svim kupcima s kojima tvrtka surađuje. U salonu uzorka nalazi se veliki broj modela koji pristizu svaki tjedan. Krajnji cilj svake tvrtke koja se bavi prodajom takve obuće je što veća prodaja, odnosno što veći broj kupaca. Moderan dizajn i dobra pretpostavka tima dizajnera o trendovima koji će biti aktualni sljedeće sezone ključ su uspjeha, s obzirom na veliku konkurenčiju kineskog tržišta.

### 4. Zaključak

Svjetska moda Industrija je bila primorana zbog masovne produkcije, brzine izrade i brzih promjena trendova preseliti svoju proizvodnju u Kini kako bi bila konkurentnija i profitabilnija na globalnom tržištu, međutim kvaliteta tako proizvedene obuće postala je niža. Međutim, s obzirom na vrlo česte promjene modnih trendova i nižu kupovnu moć pojedinih tržišnih segmenta, za određene tvrtke takva kvaliteta proizvoda je postala privatljiva. Dizajn, priprema i proizvodnja ovakve modne obuće zahtjevan je proces koji podrazumijeva svakodnevno istraživanje i praćenje modnih događaja, društvenih mreža, internetskih portala i životnih stilova i navika poznatih osoba koji nerijetko određuju stil i dizajn novih modela.



# NETKANI AGROTEKSTIL ZA POBOLJŠANJE KLIJAVOSTI SJEMENA

Paula MARASOVIĆ; Dragana KOPITAR & Beti ROGINA-CAR

**Sažetak:** Provela se karakterizacija netkanih agrotekstila dostupnih na hrvatskom tržištu za poboljšanje klijavosti sjemena i za zaštitu višegodišnjih biljaka od mraza. Svi uzorci proizvedeni su od polipropilenskih vlakana površinske mase 17 g/m<sup>2</sup> i 50 g/m<sup>2</sup>. Ispitana su osnovna fizikalno-mehanička svojstva, odnosno površinska masa, debljina, vlačna svijetlost i otpornost uzorka prema prskanju. Provedeno je preliminarno istraživanje utjecaja agrotekstila na klijavost sjemena krastavci-dugi zeleni, Black Jack tikva, lubenica-Crimson Sweet i domaća artičoka. U tlo su posadene četiri probne čašice sa klijanjem za svako od odabranih vrsta sjemena. Čašice su prekrivene sa četiri vrste agrotekstila. Po dvije čašice za klijanje sa posijanim četiri vrste sjemena ostavljene su neprekrivene. Visina prokljalog sjemena pokrivenog agrotekstilom veća je od visine sjemena koje je klijalo bez agrotekstila. Iz dobivenih preliminarnih rezultata vidljivo je da agrotekstil pozitivno utječe na klijavost sjemena. Da bi se donijeli zaključci o utjecaju agrotekstila na klijavost različitih vrsta sjemena potrebno je proširiti istraživanja.

## Rezultati i rasprava

U tablici 1 prikazani su statistički obrađeni rezultati ispitivanja osnovnih fizikalno-mehaničkih svojstava.

Tablica 1: Rezultati ispitivanja osnovnih fizikalno-mehaničkih svojstava netkanog agrotekstila

Uzorak	PM, g/m <sup>2</sup>	D, mm	F, N			I, mm			ε, %	F, N			I, mm			Otpornost prema prskanju
			MD	CD	F, N	I, mm	ε, %	CD		F, N	I, mm	ε, %	CD	F, N	I, mm	
A	50,33	0,35	88,37	89,05	72,26	52,93	75,44	60,75	79,04	22,40						
	σ	0,06	0,01	10,14	16,52	13,87	7,41	13,68	11,13	5,04	2,41					
	CV, %	2,43	0,02	11,47	18,33	19,20	14,00	18,13	18,32	6,38	10,75					
B	17,22	0,17	23,87	57,72	43,10	14,16	58,63	41,50	28,64	19,20						
	σ	0,05	0,01	4,41	13,38	10,89	1,83	11,50	6,85	3,28	1,92					
	CV, %	5,84	7,09	18,49	23,18	25,26	12,94	19,81	16,50	11,46	10,02					
C	17,24	0,19	23,13	111,53	87,23	14,01	106,71	83,84	15,30	22,40						
	σ	0,02	0,02	3,05	19,81	16,97	1,29	20,31	16,71	2,56	0,55					
	CV, %	1,79	8,95	13,19	17,76	19,45	9,22	19,03	19,93	16,72	2,45					
D	18,56	0,23	24,73	83,27	60,92	20,51	97,40	74,50	17,06	19,80						
	σ	0,01	0,02	2,15	9,96	8,94	2,31	13,11	10,78	4,02	0,84					
	CV, %	1,33	6,71	8,88	11,98	14,87	11,29	13,46	14,47	23,56	4,23					
E	17,38	0,20	22,33	37,54	29,75	16,57	46,44	35,92	28,24	15,40						
	σ	0,01	0,02	2,20	7,27	5,36	2,89	12,17	8,52	3,63	1,14					
	CV, %	1,22	11,18	9,84	19,37	19,03	17,44	26,20	23,71	12,85	7,40					



Površinske mase uzoraka kreću se u rasponu od 17,22 g/m<sup>2</sup> do 50,33 g/m<sup>2</sup> (Tablica 1). Površinska masa uzoraka ima mali koeficijent varijacije, odnosno uzorci su relativno jednolični po masi. Prosječne debljine agrotekstila kreću se od 0,17 mm do 0,35 mm. Najmanju debljinu ima uzorak B najmanje površinske mase (17,22 g/m<sup>2</sup>). Koeficijenti varijacije debljine su u rasponu od 0,02% do 11,18%.

Prekidna sila uzoraka veća je u smjeru izlaska materijala iz stroja. U smjeru izlaska materijala iz stroja prekidna sila kreće se u rasponu od 22,33 N do 88,37 N, dok se u smjeru suprotnom od izlaska materijala iz stroja je raspon od 14,01 N do 52,93 N. Porastom površinske mase prekidna sila uglavnom raste. Prosječno prekidno produljenje ispitanih uzoraka u MD smjeru je u rasponu od 37,54 mm do 111,53 mm, dok je u CMD smjeru od 46,44 mm do 106,71 mm. Nije vidljiva zakonitost u ponašanju prekidnog istezanja s obzirom na površinski masu ili smjer izlaska materijala iz stroja (MD i CMD smjer). Sila otpora na prskanje je u rasponu od 15,30 kN do 79,04 kN. Porastom površinske mase sila otpora na prskanje uglavnom raste, odnosno uzorci veće površinske mase imaju veću силu otpora na prskanje. Prekidno produljenje pri sili otpora na prskanje ispitanih uzoraka je u rasponu od 15,40 mm do 22,40 mm. Zakonitosti u ponašanju prekidnog produljenja s obzirom na površinski masu nije vidljiva. Pojedini koeficijenti varijacije prekidne sile i produljenja su relativno veliki (npr. prekidna sila uzorka E u smjeru suprotnom od izlaska materijala iz stroja; Tablica 1).



Unatoč nepogodnim uvjetima sjeme svih kultura pokriveno agrotekstilom je proklijalo. Nepokriveno sjeme krastavaca i lubenice je proklijalo dok artičoka i tikvica nije. Na slici 2. i 3. vidi se da je visina prokljalog sjemena pokrivenog agrotekstilom (slika 2) veća visine od sjemena koje je klijalo bez zaštite agrotekstila (slika 3). Debljina stabljike i veličina lista sjemena pokrivenog agrotekstilom je veća.

Rezultati preliminarnog pokusa pokazuju da agrotekstil utječe na klijavost sjemena, odnosno da pomaže rast i razvoj sjemena pa čak i u nepogodnim atmosferskim uvjetima.

## Zaključak

Rezultati preliminarnog istraživanja pokazali su da agrotekstil pozitivno utječe na klijavost sjemena, odnosno pomaže rast i razvoj sjemena pa čak i u razmjerno nepogodnim uvjetima za klijanje. Najveća prednost i razlog široke primjene agrotekstila je u tome što štiti tek posijano sjeme od kolebanja temperature u najosjetljivijem ciklusu rasta biljke iz sjemena (faze klijanja). Upotrebom agrotekstila spriječen je utjecaj djelovanja maksimalnih i minimalnih temperaturnih ekstremi na razvoj biljke radi dobre izmjene zraka i vode.

Da bi se donijeli zaključci o djelovanju agrotekstila na klijavost različitih vrsta sjemena, nakon preliminarnih rezultata potrebno je provesti ispitivanja koja bi trebala obuhvatiti višegodišnja razdoblja sijanja, detaljnije praćenje sjemena, rasta biljke i ostalih potrebnih parametara.

## PREĐE U MEDICINI: ANALIZA VLAČNIH SVOJSTAVA KIRURŠKIH KONACA

Ivana SALOPEK ČUBRIĆ & Tea BADROV

### Uvod

Važan i rastući dio tekstilne industrije čine materijali koji se koriste u medicinskom sektoru, te srodnim sektorima zdravstva i higijene. Tekstilni materijali i proizvodi koji su projektirani kako bi se zadovojile posebne potrebe, pogodni su za brojne medicinske i kirurške primjene u kojima je potrebna kombinacija čvrstoće, savitljivosti, propusnosti vlage i zraka, kao i drugih specifičnih svojstava. Najstariji primjer biomedicinskog tekstila je kirurški konac. Kirurški konci koriste se za popravak oštećenih tkiva, rezanih žila i kirurških rezova. Kirurški konci za zatvaranje rana su monofilamentne ili multifilamentne prede koje su kategorizirane kao biorazgradive ili nerazgradive. Biokompatibilnost je od primarne važnosti kako bi tekstilni materijal bio prihvaćen od strane tijela.

### Eksperimentalni dio

Provedena su ispitivanja vlačnih svojstava različitih kirurških konaca koji se koriste u medicini i to za vrlo široku područja primjene. Svojstva i područja primjene ispitivanih kirurških konaca dani su u tablici 1.

Tablica 1: Svojstva i područja primjene odabralih kirurških konaca

Naziv	Fotografija	Opis kirurškog konca	Područja primjene
KK1		Neresorptivni sintetički monofilamentni konac načinjen od poliamida 6/6.6. Svojstva: savitljiv, lagan za upotrebu i vezivanje, lagano prolazi kroz tkivo (bez zapinjanja), odlična histokompatibilnost.	➢ zatvaranje kože (intrakutano i subkutano), ➢ plastična i rekonstruktivna kirurgija, ➢ mikrokirurgija, ➢ oftalmološka kirurgija ➢ ginekologija ➢ urologija, ➢ oftalmologija (šivanje konjunktive), ➢ pedijatrija, ➢ zatvaranje kože ➢ ligature
KK2		Brzo resorptivan, sintetički, pleteni, obloženi konac, izrađen od poliglikolne kiseline. Svojstva: visoka inicijalna čvrstoća, predviđajući i konstantna razgradnja, odlična sigurnost čvora, odlično rukovanje i brza masovna apsorpcija	
KK3		Neresorptivni pleteni, obloženi konac izrađen iz prirodne svile. Svojstva: za indikaciju u kojima je nužno korištenje neresorptivnih materijala.	➢ opća kirurgija, ➢ oralna kirurgija, ➢ neurokirurgija
KK4		Srednje resorptivni, pleteni, obloženi kirurški konac. Svojstva: glatko povlačenje čvora, laka repozicija čvora, visoka čvrstoća čvora, minimalna upalna reakcija tkiva.	➢ gastrointestinalna kirurgija, ➢ ginekologija ➢ ortopedija, ➢ oftalmološke operacije, urologija, ➢ zatvaranje kože, ➢ ligature

### Zaključak

Rezultati provedene analize vlačnih svojstava kirurških konaca ukazali su na značajne razlike u vrijednostima promatranih svojstava odabranih uzoraka kirurških konaca. Tako je raspon prekidnog istezanja ispitivanih kirurških konaca 21-63 %, prekidne sile 38-66 N, a čvrstoće 23-45 cN/tex. Također, pokazalo se da su dobivene vrijednosti svojstava u skladu s očekivanjima koja se postavljaju na pojedinu vrstu kirurškog konca, odnosno u skladu s područjem primjene definiranim od strane proizvođača.

### Rezultati i rasprava

Uzorak KK1 je neresorptivni sintetički monofilamentni kirurški konac. Iz prikazanih rezultata uočava se da ovaj kirurški konac ima najveće prekidno istezanje, što ga čini pogodnim za zatvaranje površinskih rana i primjenu u plastičnoj kirurgiji (osobito s obzirom na činjenicu da šav napravljen korištenjem ovog tipa konca neće biti krut). Uzorak KK2 ima najmanju čvrstoću i najmanji rad do prekida, no njegova ključna karakteristika je brza i masovna apsorpcija, jer se primjenjuje kod masnog tkiva i potkože gdje čvrstoća nije toliko bitna iz razloga što nema značajnih naprezanja šavova.

Tablica 2: Rezultati ispitivanja svojstava kirurških konaca

Uzorak	Svojstvo	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Koeficijent varijacije	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
KK1	Prekidno istezanje [%]	63,40	17,87	28,18	41,34	81,21
	Prekidna sila [N]	38,64	7,44	19,24	28,93	46,02
	Rad do prekida [N · cm]	75,46	38,13	50,53	29,52	109,22
KK2	Čvrstoća [cN/tex]	41,54	7,99	19,24	31,11	49,48
	Prekidno istezanje [%]	28,51	3,85	13,51	24,40	32,13
	Prekidna sila [N]	39,09	2,19	5,60	37,60	42,24
KK3	Rad do prekida [N · cm]	33,38	5,04	15,11	28,49	40,33
	Čvrstoća [cN/tex]	23,35	1,31	5,60	22,46	25,23
	Prekidno istezanje [%]	21,86	6,50	29,73	15,04	30,64
KK4	Prekidna sila [N]	66,61	9,04	13,58	55,70	77,07
	Rad do prekida [N · cm]	54,76	25,35	46,29	28,29	88,97
	Čvrstoća [cN/tex]	33,11	4,50	13,58	27,69	38,31
	Prekidno istezanje [%]	41,14	2,19	5,33	39,60	44,39
	Prekidna sila [N]	57,72	4,89	8,47	50,66	61,60
	Rad do prekida [N · cm]	70,26	7,51	10,69	60,75	78,82
	Čvrstoća [cN/tex]	45,20	3,83	8,47	39,67	48,24

Iz rezultata ispitivanja uzorka KK3, uočava se da ovaj kirurški konac ima najveće prekidnu silu, uz najmanje prekidno istezanje, što ga čini pogodnim za definiranu primjenu (npr. šivanje kože). Uzorak KK4 je srednje resorptivni, pleteni, obloženi kirurški konac. Ima najveći rad do prekida i najveću čvrstoću, što ga čini prigodnim za šivanje mišića jer je mišić aktivan, te šav treba biti čvrst i u stanju izdržati fizičke zahtjeve mišića, kao i konstantno djelovanje određene sile.



## KOMPARATIVNA ANALIZA PROMOCIJE PREĐA NA SAJMOVIMA I IZLOŽBAMA

PAULA IVŠAC & IVANA SALOPEK ČUBRIĆ

### Uvod

Promocija kao element marketinškog miksa predstavlja zbroj različitih aktivnosti kojima tvrtke potencijalne i stvarne potrošače upoznaju sa svojim proizvodima ili uslugama koji bi trebali postati i ostati poznati, a koji putem različitih medija unaprjeđuju prodaju i osiguravaju konstantnu potražnju za istim. U današnje vrijeme, sajmovi i izložbe iznimno su bitne za promociju tekstilnih proizvoda i prateće opreme, te okupljaju relativno velik broj izlagača i posjetitelja.

### Analiza sajmova

Od velikog broja sajmova pređa koji se održavaju diljem svijeta, za analizu je izdvojeno jedanaest događanja koja su prema dostupnim informacijama posjeceniji i imaju veći broj izlagača na godišnjoj razini i to: Expofil, Pitti filati, Spinexpo, sajam pređe u Istanbulu, ITMA, Yarn Expo, Yarn & fabric sourcing show, Yarn fest, Pour l'amour du fil i Međunarodni sajam pređa i plošnih proizvoda u Dhaki. Na temelju pretraženih sadržaja, napravljena je analiza svakog od izdvojenih sajmova uzimajući u obzir niz parametara poput opsega sajma, osobitosti sajma, broja i karakteristika posjetitelja i izlagača, korištenih metoda promocije i prijenosa informacija i dr.

Na temelju provedene komparativne analize, uočeno je sljedeće:

- Većina sajmova koji su analizirani nisu otvoreni za javnost, što znači da pružaju mogućnost posjeta samo pojedincima ili tvrtkama koje se bave tekstilom. Zanimljivo je napomenuti da neki od sajmova, poput sajma Pitti Filati, ne dozvoljavaju ulaz proizvođačima pređa u statusu posjetitelja, nego isključivo u statusu izlagača. Nasuprot tome, sajam Pour l'amour du fil otvoren je za sve posjetitelje.
- Sajmovi i izložbe dobar su poticaj mlađim studentima i poduzetnicima, koji na ovakvim događanjima osim učenja dobivaju mogućnost izlaganja i predstavljanja vlastitih ideja. Primjerice, sajam ITMA studentima dodjeljuje novčane nagrade za provedena istraživanja i inovacije.
- Radi dodatnog povezivanja izlagača i posjetitelja, organiziraju se i posebna događanja, poput "Leather fashion breakfast" (sajam Expofil) ili Magliaitalia (sajam Pitti Filati).
- Organizatori sajmova nastoje privući veći broj izlagača i posjetitelja uvođenjem određenih osobitosti (npr. uvođenje "izvedenih kodova" na sajmu Expofil) te organiziranjem nagradnih igara (igra "Škrinja s blagom" na izložbi Pour l'amour du fil).
- Radi racionalizacije troškova, čest je slučaj da se dva ili više sajma održavaju istovremeno (npr. Istanbul yarn fair te Yarn & Fabric sourcing show).
- Tijekom provođenja analize zaključeno je da se na svim navedenim sajmovima za promociju intenzivno koriste društvene mreže – Facebook, Twitter, Instagram, Pinterest i YouTube. Neki organizatori, poput organizatora Expofila, pripremili su i aplikacije za mobilne telefone sa svim informativnim sadržajima vezanim uz sajam.

Tablica 1: Pregled pokazatelja odabranih sajmova

Naziv sajma	Mjesto održavanja	Vrijeme održavanja	Broj izlagača*	Broj posjetitelja*
Expofil	Pariz, Francuska	Dva puta godišnje (veljača i rujan)	1 898	56 475
Pitti filati	Firenca, Italija	Jednom godišnje (siječanj)	128	4 000
Spinexpo	New York, SAD	Jednom godišnje (srpanj)	98	1 422
Međunarodni sajam pređe u Istanbulu	Istanbul, Turska	Jednom godišnje (veljača)	233	7 954
Yarn Expo	Šangaj, Kina	Jednom godišnje (listopad)	256	7 375
Pour l'amour du fil	Nantes, Francuska	Jednom godišnje (travanj)	120	12 000

\* Podaci su dani na temelju izveštaja organizatora u 2016. godini





## POVRŠINSKA DEFORMACIJA ČARAPA PROUZROČENA JEDNOOSNIM VLAČNIM OPTEREĆENJEM



Željka PAVLOVIĆ; Miloš LOZO & Zlatko VRLJIČAK

Čarape su tekstilni proizvodi kod kojih je u upotrebi velika površinska deformacija pletiva izazvana dvoosnim vlačnim opterećenjem. Izrađuju se na kulirnim strojevima kod kojih se pređa dovodi u vodoravni položaj i upliće u red pletiva. Kod mnogih oblika čarapa izučava se deformacija čarape pri jednoosnom opterećenju koje se proteže u smjeru redova očica ili u vodoravnom položaju.

Sa poliamidnom, multifilamentnom predom finoće 40 dtex f40, izrađena su četiri cjevasta uzorka pletiva pri različitim dubinama kuliranja. Cilj ovog istraživanja je utvrđivanje promjene površine pletiva izloženom jednoosnom vlačnom opterećenju.



Slika 1. Različiti oblici čarapa

a) klasična muška dokoljenka

50%

b) kompresijska dokoljenka

70%

c) dugačka kompresijska čarapa

50%

d) fina ženska čarapa s gaćicama

100%

70%

100%

Slika 2. Načelo pritiska čarape na nogu

### EKSPEIMENTALNI DIO

Cjevasti uzorci pletiva promjera 120 mm stavljeni su u vodoravni položaj na gornji okrugli nosač posebno konstruiranog stakla promjera 32 mm i s istim takvim nosačem se opteretili, različitim opterećenjima, u donjem dijelu na način da se pletivo istezalo u smjeru redova očica. Pri svakom opterećenju mjereno je produženje cjevastog pletiva u smjeru redova očica i suženje u smjeru nizova očica.

Uzorci sa najmanjom dubinom kuliranja su se skratili po duljini, ili u smjeru redova očica, 4,8 do 15,0 %, a kod najveće dubine kuliranja 5,5 do 18,1 %.

Istezanje pletiva u smjeru redova očica, ili po širini, je znatno više i kod najmanje dubine kuliranja iznosi od 35,0 do 83,3 %, a kod najveće dubine kuliranja od 58,7 do 144,8 %.

Pri vlačnom naprezanju, pletivo se isteže od 5,5 do 10,7 puta više po širini nego duljini. Za ova istraživanja značajno je navesti da se pri jednoosnom vlačnom opterećenju površina pletiva povećava od 23,6 do 86,9 %.

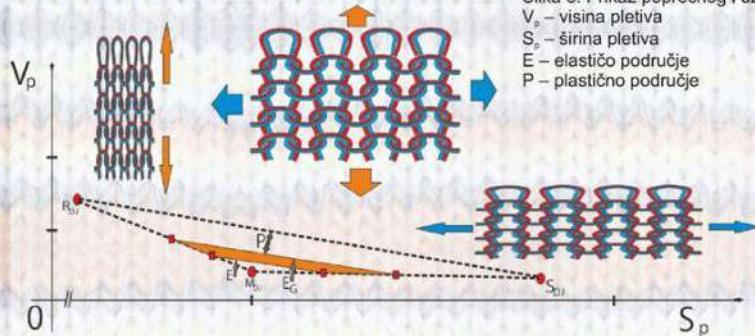
Tablica 1. Kompresivnost medicinskih čarapa

Klasa	Stupanj kompresije	Kompresija, kPa	Kompresija, mmHg
I	lagana	2,4 - 2,8	18 - 21
II	srednja	3,1 - 4,3	23 - 32
III	velika	4,5 - 6,1	34 - 46
IV	veoma velika	6,5 i više	49 i više

1 kPa = 7,5 mmHg; 1 mmHg = 0,133 kPa

Slika 3. Prikaz poprečnog i uzdužnog istezanja pletiva u čarapi;

$V_p$  – visina pletiva  
 $S_p$  – širina pletiva  
 E – elastično područje  
 P – plastično područje



Slika 4. Prevencijske hulahopke; Tvorница čarapa Jadran

Slika 5. Načelo analize noge pri projektiranju parametara strukture čarape:

a) računalno skenirane ljudske noge



b) mrežni poligoni na nozi značajni za konstrukciju čarape

c) modeliranje pritiska čarape na potkoljenični mišić

d) modeliranje pritiska steznika na koljeno

## UTJECAJ PREDOBRADE NA DIZAJN ODJEVNIH PREDMETA

Erasmus+



Petra Bagarić, Josep M. Canal\*; Katia Grgić & Anita Tarbuk



### Uvod

Zbog sve većeg zahtjeva tekstilne industrije za smanjenjem zagadjenja, upotreba enzima u kemijskoj obradi vlakana i tekstila dobiva sve šire priznanje zbog svojih ne toksičnih i eko-prijateljskih karakteristika. Sve je veća potražnja zamjene tradicionalnih kemijskih procesa s biotehnološkim procesima koji uključuju mikroorganizme i enzime, primjerice: pektinaze koje razgrađuju pektin, proteaze razgrađuju bjelančevine, celulaze razgrađuju celulozu, lipaze razdvajaju masti u glicerol i masne kiseline, te amilaze koje razgrađuju škrob u jednostavne šećere i dr.

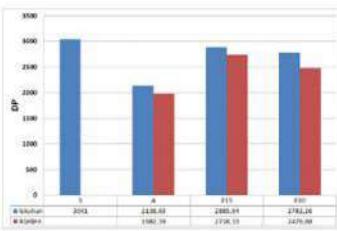
Budući da se bio-iskuhavanjem neutralnim pektinazama troši se manje energije, značajno manja količina vode i ne zahtjeva dodatno pročišćavanje otpadnih voda, u ovom radu istražen je utjecaj procesnih parametara na učinkovitost procesa. Korištene su neutralne pektinaze pri dva različita vremena iskuhanja, kako bi ispitali da li oni utječu na aktivnost enzima, i daljnji obrade tekstila. Uzorci pamučnog pletiva su potom bijeljeni i bojadisani, nakon čega je izradena likovna mappa s radovima iz kojih se vidi moguća primjena ovako obrađenog pletiva.

### Rezultati

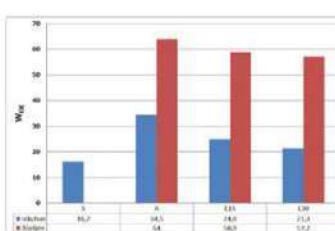
Tablica 2. Određivanje hidrofilnosti metodom prodora kapljivine „vertikalni test“ iskuhanih i bijeljenih pletiva

Uzorak	Iskuhan		Bijeljen	
	$t_{\text{isku}}^{\text{min}}$	$t_{\text{isku}}^{\text{max}}$	$t_{\text{bijel}}^{\text{min}}$	$t_{\text{bijel}}^{\text{max}}$
S	-	-	-	-
A	1,94	3,29,79	1,51	2,53,48
E15	1,86	3,43,46	0,97	3,00,05
E30	2,55	3,44,13	1,30	3,18,14

Tablica 3. Subjektivna procjena opipa sirovog, alkalinog i bio-iskuhanih pamučnih pletiva nakon iskuhanja i bijeljenja



Slika 1. Stupanj a. polimerizacije (DP), b. bjeljene prema CIE ( $W_{\text{CIE}}$ ) sirovog, alkalinog i bio-iskuhanih pamučnih pletiva nakon iskuhanja i bijeljenja



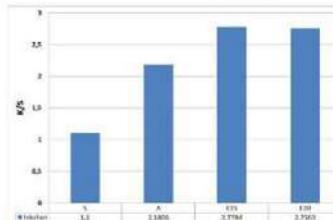
### Eksperimentalni dio

Sirovo pamučno pletivo (S) u interlok prepletu,  $D_{\text{h}} 28 \text{ oč/cm}$  a  $D_{\text{v}} 26 \text{ oč/cm}$ , površinske mase  $184,4 \text{ g/m}^2$  je oprano na  $90^\circ\text{C}$ , 30 min u Polymat uređaju u kupelji: 0,5 g/l Kieralon OLC (BASF) - neionski tenzid s jakim svojstvom dispergiranja i emulgiranja. Alkalno je iskuhano (A) na  $100^\circ\text{C}$ , 45 min u Polymat uređaju u kupelji: 1 g/l Felosan NFG – neionski tenzid, 10 g/l Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; 5 g/l 50 % NaOH. Enzimatski bio-iskuhano je u Polymat uređaju s 3 % na m.m. Beisol PRO (CHT/Bezema) – neutralna pektinaza, 1 g/l Felosan NFG (CHT/Bezema) – neionski tenzid, sredstvo za pranje, kvašenje i emulgiranje te  $2,5 \text{ g/l Na}_2\text{HPO}_4$  na  $55^\circ\text{C}$  u vremenu aktivnog djelovanja enzima 15 (E15) ili 30 (E30) minuta. Kemijsko bijeljenje (B) provedeno je u aparatu Mathis u kupelji sastava: 5 ml/l H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (35%), 1 g/l NaOH, 1 ml/l Tinoclar CBB – organski stabilizator, 3 ml/l vodenog staklo (smjesa Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – anorganski stabilizator, 0,1 ml/l Fumexol DF – regulator pjene, 2 ml/l Invatex MD – sekvestrant, uz OK 1:10 pri  $90^\circ\text{C}$  u vremenu 60 min. Nakon predobrade, pletivo je neutralizirano, isprano, te osušeno na zraku.

Pamučna pletiva su bojadisana baznim bojilom 3 % na m.m. C.I. Basic Green 4 na  $90^\circ\text{C}$  u Polymat uređaju u trajanju 60 min pri pH 5.

Stupanj polimerizacije, DP određen je prema DIN 54270-3:1977, hidrofilnost mjerjenjem brzine porasta stupca vode na 1 i 10 cm prema SNV 98581, tzv. vertikalni test. Mjerenje spektralnih karakteristika provedeno je na remisijskom spektrofotometru Spectrafash SF 600 PLUS-CT, tt. Datacolor. Stupanj bjeljine prema CIE ( $W_{\text{CIE}}$ ) je automatski izračunat prema ISO 105-J02:1997. Iz remisije, nakon bojadisanja, izračunata je dubina obojenja (K/S). Subjektivna procjena opipa provedena je prema smjernicama propisanim u AATCC EP 5:2007.

### Rezultati



Slika 2. Dubina obojenja (K/S) pamučnih pletiva bojadisanih baznim bojilom C.I. Basic Green 4



Slika 3. Modeli a. jakne, b. ponča, c. kaputa

### Zaključak

Iz ovih jednostavnih modela vidljivo je da se uz pomoć jednog odjevnog predmeta može osvježiti svakodnevna kombinacija, koja je ujedno zanimljiva, praktična i udobna.

Bio-iskuhavanjem nisu uklonjeni masti i voskovi u potpunosti, te je pletivom nešto niže stupnja bjeljine i hidrofilnosti u odnosu na alkalno iskuhanje, ali značajno bolje opip. S druge strane, boljem kvašenju može biti uzrok i oštećenje pletiva u alkalnom iskuhanju. Kemijskim bijeljenjem, koje je sljedeća faza opremljivanja, sva pletiva pokazuju slična svojstva, uključujući i bojadarska, te je za zaključiti da je enzimatski postupak jednak učinkoviti i ekološki prihvatljiv.



### Zahvala

The work has been supported by Croatian Science Foundation under the project 9967 Advanced textile materials by targeted surface modification.  
 The authors would like to acknowledge the ERASMUS+ mobility programme for students.



anita.tarbuk@ttf.hr

# Sinteza i ciljana primjena metalnih nanočestica

Synthesis and targeted application of metallic nanoparticles

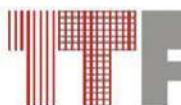


doktorandica: mag. ing. oecing. Lela Pintarić

mentorica: doc. dr. dr. sc. Iva Rezić

Tekstilno-tehnološki fakultet (TTF), Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb, Hrvatska

lela.pintaric@ttf.hr



## UVOD:

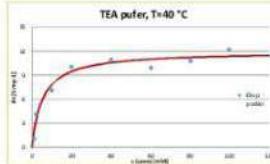
S obzirom na znatan porast upotrebe metalnih nanočestica točno određenih svojstava čijom se primjenom materijalima poboljšavaju čvrstoća, tvrdoća, antibakterijska i druga svojstva, uspostavljen je projekt **SINTEZA I CILJANA PRIMJENA METALNIH NANOČESTICA (STARS)** čiji su ciljevi:

- đ uspostava interdisciplinareme međunarodne istraživačke skupine
- đ izolacija i identifikacija novih enzima za sintezu nanočestica i njihova analiza
- đ razvoj ekološki povoljnog procesa sinteze metalnih nanočestica
- đ praćenje reakcija i otkrivanje novih mehanizama stvaranja nanočestica *in situ*
- đ karakterizacija sintetiziranih metalnih nanočestica
- đ razvoj i ispitivanje novih funkcionalnih polimernih materijala s tankim slojem nanočestica za ciljanu primjenu u zaštitnim materijalima
- đ usluge i proizvode ponuditi prehrambenoj i tekstilnoj industriji

Dosad je kao preliminarno istraživanje provedena **biokatalitička sinteza nanočestica kalcijevog karbonata**, kao široko primjenjivanog minerala, iz produkata reakcije hidrolize uree uz enzim ureazu i kalcijev klorid. Ciljevi istraživanja bili su u tri različita reakcijska medija (HEPES iTEA pufer, redestilirana voda) i pri dvije temperature ( $T=30^{\circ}\text{C}$  i  $40^{\circ}\text{C}$ ):

## 1. ISPITIVANJE KINETIKE UREAZE (Slika 1)

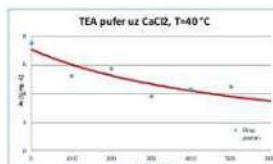
- Michaelis – Menten kinetika
- Parametri (1): **brzina reakcije** raste s porastom temperature u HEPES iTEA puferu, a podjednaka je u redestiliranoj vodi
- Parametri (2): veću **specifičnost prema supstratu** enzim pokazuje pri višoj temperaturi u TEA puferu i redestiliranoj vodi, odnosno obrnuto u HEPES puferu



Slika 1 Ovisnost specifične aktivnosti enzima ureaze o koncentracijama uree u TEA puferu pri  $T=40^{\circ}\text{C}$  ( $c_{urea}=3\text{--}100\text{ mM}$ ;  $c_{TEA}=0,1\text{ mM}$ ;  $c_{ureaza}=0,1\text{ mg mL}^{-1}$ )

## 2. UTJECAJ KALCIJEVIH IONA NA AKTIVNOST ENZIMA UREAZE (Slika 2)

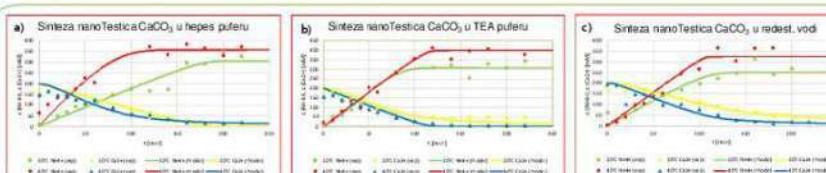
- kalcijevi ion i inhibiraju aktivnost enzima ureaze **nekompetitivnom inhibicijom**
- procijenjene konstante inhibicije – inhibicija nije značajna



Slika 2 Ovisnost specifične aktivnosti enzima ureaze o koncentracijama  $\text{CaCl}_2$  u TEA puferu pri  $T=40^{\circ}\text{C}$  ( $c_{urea}=100\text{ mM}$ ;  $c_{TEA}=0,1\text{ mM}$ ;  $c_{ureaza}=0,1\text{ mg mL}^{-1}$ ;  $c_{\text{CaCl}_2}=0\text{--}500\text{ mM}$ )

## 3. SINTEZA NANOČESTICA KALCIJEVOG KARBONATA (Slike 3 a – c)

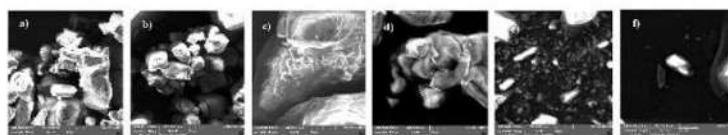
- uz eksperimentalno dobivene, prikazani i rezultati dobiveni i simulacijom u *Scientist*-u na temelju **matematičkog modela** postavljenog temeljem ispitivanja kinetike enzima ureaze
- odstupanja prisutna kod amonijaka uslijed njegovog isparavanja nepredviđenog modelom
- procijenjene konstante brzine reakcije – **brzina nastajanja čestica** u svim medijima manja na nižoj temperaturi; na obje temperature brzina nastajanja čestica najmanja u redestiliranoj vodi



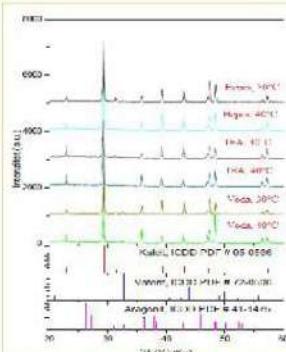
Slika 3 Sintezanočestica  $\text{CaCO}_3$  iz produkata reakcije hidrolize uree katalizirane enzimom ureazom u koltastom reaktoru sa stalnim miješanjem ( $c_{urea}=200\text{ mM}$ ;  $c_{ureaza}=0,44\text{ mg mL}^{-1}$ ;  $c_{\text{CaCl}_2}=200\text{ mM}$ ;  $T=30/40^{\circ}\text{C}$ ;  $V_{reaktor}=5\text{ mL}$ ) provedena u: a) HEPES puferu ( $c_{HEPES}=0,1\text{ M}$ , pH 7); b) TEA puferu ( $c_{TEA}=0,1\text{ M}$ , pH 7); c) u redestiliranoj vodi

## 4. KARAKTERIZACIJA DOBIVENIH ČESTICA

- karakterizacija na **pretražnom elektronskom mikroskopu** (SEM; Slika 4 a – f) – temeljem prikaza odredene su veličine dobivenih čestica (Tablica 1) – sintetizirane su **mišićaste nanočestice**
- općenito manje čestice nastale pri nižim temperaturama; mediju u kojem je proveden eksperiment nema značajan utjecaj na veličinu čestica
- karakterizacija na **rendgenskom difraktometru** (XRD; Slika 5) – u svim uzorcima prisutan je kalcijev karbonat u kristalnoj modifikaciji **kalcita**; vaterit je u malim količinama prisutan kod čestica sintetiziranih u redestiliranoj vodi; aragonita nema



Slika 4 Prikaz čestica snimljenih pomoću SEM-a; čestice nastale u HEPES puferu pri a)  $T=30^{\circ}\text{C}$ , povećanje  $2.070\times$  i b)  $T=40^{\circ}\text{C}$ , povećanje  $2.060\times$ ; u TEA puferu pri c)  $T=30^{\circ}\text{C}$ , povećanje  $3.070\times$  i d)  $T=40^{\circ}\text{C}$ , povećanje  $2.060\times$ ; u redestiliranoj vodi pri e)  $T=30^{\circ}\text{C}$ , povećanje  $2.070\times$  i f)  $T=40^{\circ}\text{C}$ , povećanje  $2.060\times$



Slika 5 Difraktogram dobiven XRD analizom čestica

Tablica 1 Prosječne veličine sintetiziranih čestica

Medij	Temp., $^{\circ}\text{C}$	Raspont veličina, $\mu\text{m}$	Prosječna veličina, $\mu\text{m}$
HEPES		3,809 - 6,190	4,857
TEA	30	2,114 - 9,314	4,571
Voda		3,809 - 5,555	4,696
HEPES		9,649 - 23,157	14,807
TEA	40	22,611 - 33,757	26,354
Voda		7,096 - 32,903	20,581



Projekt financira Hrvatska zadržava za znanost u okviru uspostavne istraživačke potpore UIP-09-2014-1534 STARS

10. znanstveno – stručno savjetovanje  
Tekstilna znanost i gospodarstvo





Ivona JERKOVIĆ<sup>1</sup>, Ana Marija GRANCARIĆ<sup>1</sup>, Clément DUFOUR<sup>2</sup>,  
Francois BOUSSU<sup>2</sup>, Peng WANG<sup>2</sup> & Vladan KONČAR<sup>2</sup>

## STAMPING ANALIZA 3D TEKSTILNOG PREDOBLIKA S NOVO RAZVIJENIM TEKSTILnim SENZORIMA

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska

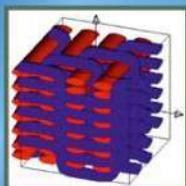
<sup>2</sup>Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles, Roubaix, Francuska

### Uvod

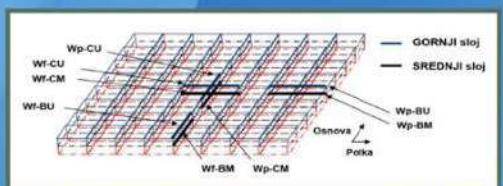
Tekstilom ojačani kompoziti veliki su izazov za znanost i industriju radi značajnih svojstava te manje mase u svrhu poboljšanja ekonomičnosti potrošnje goriva i usklađivanja s državnim propisima o sigurnosti i emisiji. Mnogi istraživači prikazali su eksperimentalna, numerička i teorijska istraživanja o mogućnostima oblikovanja tekstilnih struktura stamping postupkom. Konačni 3D tekstilni predoblici mogu dovesti do različitog razmjještaja pređe što može utjecati na njihova mehanička svojstva. U ovom radu stamping analiza je izvedena da se ispita ponašanje 3D tekstilnog predoblaka s novo razvijenim tekstilnim senzorima te usporedi pređa u smjeru osnove i potke unutar strukture.



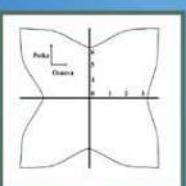
a)



b)



c)



d)

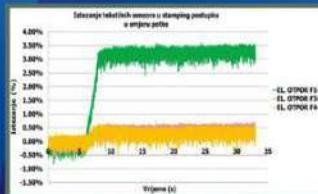
Slika 1: Stamping analiza: a) stamping sustav, b) 3D tkanina s interlok ojačanjem po osnovi, c) položaj tekstilnih senzora u smjeru osnove i potke, d) položaj mjernih točaka

### Materijal i metoda

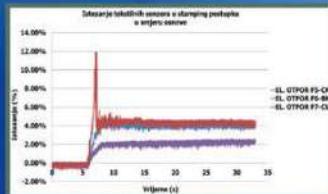
3D tekstilni predoblik izrađen je postupkom tkanja s GF/PP pređom (PD-Fiberglass) s dimenzijama  $300 \times 300 \times 8 \text{ mm}^3$  (3D tkanina s interlok ojačanjem po osnovi A-L 6 2-2 keper 2-2) na listovnom tkalačkom stanu opremljenom s posebnim uređajem za napetost pređe u smjeru osnove (gustoća osnove i potke 9 niti/cm). Tekstilni senzori ugrađeni su u središtu i na rubnim mjestima na gornjoj i donjoj strani 6-slojivite 3D tkanine s interlok ojačanjem po osnovi (Slika 1, 2). Stamping postupak je izveden s probijajućem gusset uz pritisak od 0,2 MPa da se postigne asimetrična deformacija 3D tekstilnog predoblaka (Slika 3, 4). Vrijednosti električnog otpora nakon izrade tekstilnih senzora, ugradnje u 3D tekstilni predoblik i pritiska u stamping postupku prikazane su u Tablici 1.

Tablica 1: Mjerne vrijednosti električnog otpora tekstilnih senzora

Oznaka uzorka	Električni otpor senzora nakon izrade ( $\Omega$ )	Električni otpor senzora nakon upotrebe u 3D tekstilni predoblik ( $\Omega$ )	Električni otpor senzora nakon pritiska u stamping postupku ( $\Omega$ )
F-1	400	860	900
F-2	699	790	800
F-3	510	830	700
F-4	230	340	650
F-5	350	380	400
F-6	540	680	520
F-7	820	960	1000
prosječna	370	350	700
Srednja vrijednost	453	611	709
Standardna devijacija	198	262	194



a)



b)

Slika 2: Mjerenja istezanja tekstilnih senzora u stamping postupku: a) smjer potke, b) smjer osnove

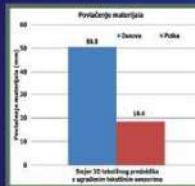


a)

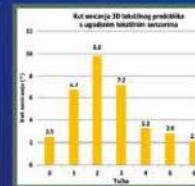


b)

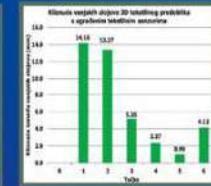
Slika 3: 3D tekstilni predoblik s ugradenim tekstilnim senzorima nakon stamping postupka: a) gornja površina, b) donja površina



a)



b)



c)

Slika 4: Analiza 3D tekstilnog predoblaka nakon stamping postupka:  
a) povlačenje materijala, b) kut smicanja, c) kliznuće vanjskih slojeva

### Zaključak

Mjerenja istezanja tekstilnih senzora su mnogo veća u smjeru osnove radi njihovog položaja u 3D tekstilnom predobliku. Izvedena mjerena u središtu važnija su od onih na rubnim mjestima ispitnog uzorka. Konačno, pređa u smjeru osnove pokazuje veću pokretljivost u strukturi nego pređa u smjeru potke bez utjecaja na kretanje cijele 3D tekstilne strukture.

### Zahvala

Autori zahvaljuju Europskoj komisiji na finansijskoj potpori projektu MAPICC 3D iz poziva FP7-NMP-2010-3.4-1 - N° 263159: One-shot Manufacturing on large scale of 3D up graded panels and stiffeners for lightweight thermoplastic textile composite structures.

# MJERENJE DINAMIČKE PROMJENE DEBLJINE TKANINE KOD DJELOVANJA AKSIJALNOG OPTEREĆENJA



Sveučilište u Zagrebu  
Tekstilno-tehnološki fakultet  
zpenava@ttf.hr  
Prilaz b. Filipovića 28a

Željko PENAVA<sup>1</sup>, Diana ŠIMIĆ PENAVA<sup>2</sup> & Željko KNEZIĆ<sup>1</sup>

Sveučilište u Zagrebu  
Gradjevinski fakultet  
dianas@grad.hr  
Kačiceva 28

**Sažetak:** Debljina tkanine se mijenja u ovisnosti o veličini aksijalne vlačne sile tijekom istezanja. Da bi se što točnije izmjerila dinamička promjena debljine tkanine i prikupile sve vrijednosti o promjeni produljenja i vlačne sile, osmišljena je i konstruirana mjerena aparatura. Pomoću nje se istovremeno mjeri promjena debljine tkanine i pripadne vrijednosti vlačne sile i produljenja. U ovom radu prikazani uzorci su izloženi djelovanju aksijalne vlačne sile u smjeru osnove i u smjeru potke. Mjerenja promjene debljine, provedena su na pet uzorka pamučnih tkanina u platnenom vezu. Na temelju dobivenih rezultata mjerjenja, u radu su prikazani dijagrami odnosa dinamičke promjene debljine tkanine u odnosu na vlačnu silu i produljenje. Također je nacrtan konvencionalni radni dijagram naprezanja za tkaninu.

## 1. Uvod

Promjena debljine tkanine ovisi o različitim faktorima koji utječu na formiranje tkanine u samom procesu tkanja. Debljina tkanine, ovisi i o pojedinim pripremnim fazama tkalačkog procesa. U procesu tkanja kao i u tkalačkoj pripremi promjene mnogih faktora, utječu na promjenu debljine tkanine. Na promjenu debljine tkanine utječe promjena gustoće osnove i potke, promjena finoće prede, promjena napetosti osnovnih i potkinskih nitiju tijekom tkanja. Provode se eksperimentalna ispitivanja promjene debljine tkanine. U ovom radu, dinamička promjena debljine tkanine i odnosi između promjene debljine tkanine, produljenja i vlačne sile ispitani su pomoći posebno konstruiranog i izrađenog uređaja za mjerjenje promjene debljine tkanine.

## 2. Debljina tkanine

U tekstu nije lako točno izmjeriti njegove dimenzije. Tkanina ima složenu strukturu i često je potrebno idealizirati karakteristike promatranoj materijala. Debljina tkanine (d) je njezina treća dimenzija koja je znatno manja od širine i dužine tkanine, ali je istodobno jako važna jer utječe na primjenu i svojstva tkanine. Debljina gotove tkanine ovisi o gustoći osnovnih i potkinskih nitiju, promjeru osnovne i potkinske prede, vrsti veza, napetosti niti tijekom tkanja, sirovinskem sastavu i vrsti opremljenjivanja. Pod debljinom tkanine podrazumijeva se najveća udaljenost između površine lica (A) i međusobno paralelne površine naljčja (B) tkanine, (sl. 1). Debljina tkanine mjeri se u mm.

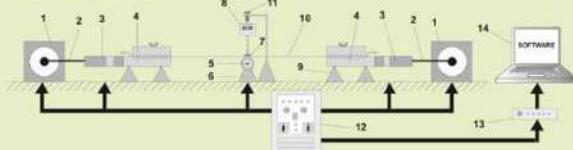


Slika 1: Poprečni presjek tkanine u platno vezu

Ako se mijenja debljina prede, a ostali parametri se ne mijenjam, tada je debljina tkanine u izravnoj ovisnosti o debljini osnovnih i potkinskih nitiju. Međutim, s promjenom vrste veza tkanine, može se tako utjecati na njezinu debljinu. Najmanja debljina je kod tkanina koje su tkanе u platnenom vezu, dok je debljina veća kada se primjeni keperni, atlasci i ostali vezovi s manjim raportima. Najveća debljina se postiže kod primjene složenih vezova.

## 3. Eksperimentalni dio

U eksperimentalnom dijelu rada osmišljen je i konstruiran novi mjereni sustav za dinamičko mjerjenje promjene debljine tkanine kada na uzorak djeluje vlačna sila do prekida. Uzorci su izrezani u smjeru potke i osnove. Za svaki navedeni smjer djelovanja vlačne sile na uzorke, provedeno je pet ispitivanja. Pri tom ispitivanju određene su veličine vlačnih sila, pripadna produljenja, pripadne debljine tkanine. Pomoću dobivenih rezultata ispitivanja dobiveni su dijagrami promjene debljine uzorka tkanine u odnosu na produljenje i vlačnu silu. Na raspolaženje je bila pamučna tkanina u platnenom vezu iz pamučne prede za osnovu i potku iste finoće ( $T_1 = 30$  tex). Gustoća osnove i potke tkanine je  $23$  niti/cm. Plošna masa tkanine je  $155$  g/cm<sup>2</sup>, a početna debljina tkanine je  $0,366$  mm. Finoća prede određena je gravimetrijskim metodom prema normi ISO 2060:1994. Gustoća tkanine ispitivana je prema normi ISO 7211-2:1984. Određivanje debljine prede i početne debljine tkanine definirano je normom ISO 5084:1996. Na osnovu mjerjenja dobivena je srednja vrijednost debljine prede koja iznosi  $0,182$  mm. Pri samom ispitivanju svih uzoraka su kondicirani u uvjetima standardne atmosfere (relativna vlažnost zraka  $65 \pm 4\%$ , na temperaturi  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Za ovo ispitivanje izrezani su standardni uzorci dimenzija  $300 \times 50$  mm, učvršćeni u stezaljke uređaju na razmaku od  $200$  mm, te izloženi jednoosnom vlačnom opterećenju pri brzini istezanja  $100$  mm/min do postizanja prekida. Vlačna svojstva svih uzoraka ispitivana su prema standardu ISO 13934-1:2008 metodom ispitne trake na dinamometru za tkanine.



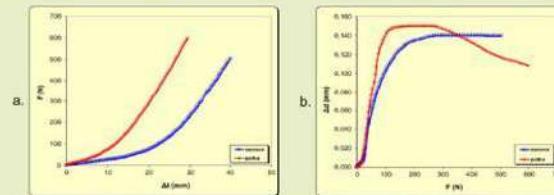
Slika 2: Shematski prikaz mjerog sustava za mjerjenje debljine tkanine pri istezanju

Izrađen je mjerni uređaj za praćenje i mjerjenje dinamičkih promjena debljine uzorka tkanine kada na uzorak djeluje aksijalna vlačna sila. Pomoću ovog mjerog sustava uzorak tkanine se isteže i opterećuje konstantnom brzinom povlačenja sve do trenutka prekida uzorka. Shematski prikaz mjerog sustava prikazan je na sl. 2. Između pokretnih stezaljki za tkaninu (4) učvršćen je ispitni uzorak tkanine (10). Preko prijenosnog sustava (2), stezaljke se konstantnom brzinom  $100$  mm/min povlače elektromotornim pogonom (1).

Stezaljke se kreću se na kugličnim vodilicama stezaljki (9). Mjeri pretvornik sile (3) spojen je na stezaljku s jedne strane, a s druge preko prijenosno pogonskog sustava (2) stezaljku pokreće motor (1). Koristi se mjeri pretvornik sile za područje do  $200$  N. Preko jedinice za kontrolu i napajanje (12) s kojim je moguće i ručno upravljanje kontrolira se rad motora (1). Digitalni deblijnomjer (8) s poliskivačem (7) koji načinje na uzorak tkanine nalazi se na sredini mjerog uzorka. Promjer poliskivača iznosi  $2,54$  cm, a površina poliskivača je  $5,07$  cm<sup>2</sup>. Tijekom ispitivanja tlak na površinu poliskivača je  $5$  Pa. Točnost mjerjenja debljine je  $0,001$  mm. Puno mjereno područje deblijnomjera je od  $0-25,4$  mm. Potiskivač načinje na tkaninu ispod koje se na tom mjestu nalazi referentna osnova deblijnomjeru (5) učvršćena na nosač sustava za mjerjenje debljine (6). Digitalni deblijnomjer sadrži i sklop za podešavanje sile potiska (11). Cijeli sustav je preko računalnog sučelja s A/D pretvornikom (13) spojen na PC računalo (14) i upravljan preko serijske veze.

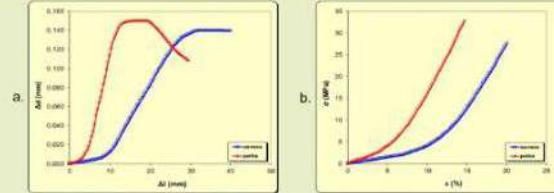
## 4. Prikaz rezultata

Dijagrami srednjih vrijednosti rezultata ispitivanja djelovanja vlačne sile F i pripadnog produljenja Δl na 5 pravljena ispitivane tkanine kada sila djeluje u smjeru potke odnosno osnove prikazani su na sl. 3a. Kada sila djeluje u smjeru potke odnosno osnove, odnos između vlačne sile F i pripadne promjene debljine Δd uzorka tkanine je na sl. 3b.



Slika 3: Dijagrami: a) vlačna sila - produljenje, b) promjena debljine-vlačna sila

Prije početka djelovanja vlačne sile, izmjerene su početne debljine uzoraka tkanina d<sub>0</sub>. Usljed djelovanja vlačne sile u smjeru osnove ili potke na uzorke tkanina, tkanina se produžuje i zbog unutarnje interakcije potkinskih i osnovnih nitiju dolazi do promjene dinamičke debljine tkanine. Debljina tkanine se mijenja uslijed djelovanja vlačne sile koja isteže uzorke tkanina. Na sl. 4a je prikazan nelinearni odnos između promjene debljine i pripadnog produljenja. Na sl. 4b prikazan je konvencionalni radni dijagram



Slika 4: Dijagrami: a) promjena debljine - produljenje, b) konvencionalni dijagram

Krivulja promjene debljine tkanine u ovisnosti o vlačnoj sili i istezanju može se podijeliti u četiri zone, (sl. 3b i 4a). U prvoj zoni promjene debljine tkanine se blago povećava. U drugoj zoni je nagli porast promjene debljine tkanine i ona gotovo linearno raste s vlačnom silom i produljenjem. U trećoj zoni postiže se maksimalna promjena debljine tkanine. U četvrtoj zoni uz daljnji porast sile i istezanja dolazi do blagog smanjenja promjene debljine tkanine. Kod konvencionalnog dijagrama normalna naprezanja se računaju ne uzimajući u obzir kontinuiranu promjenu površine poprečnog presjeka na koju djeluje vlačna akcijalna sila. Konvencionalni radni dijagram naprezanja i deformacije prikazan je na sl. 4b.

## 5. Zaključak

Mjerenja dinamičke promjene debljine tkanine provedena su na novo konstruiranom mjerom uređaju koji istodobno bilježi sve potrebne vrijednosti o promjeni vlačne sile i produljenja. Intenzivnost promjene debljine ovisi o mnogobrojnim konstrukcijskim elementima prede i tkanine kada i te tehničkim uvjetima stvaranja tkanine. Pri tome se tkanina svojom unutarnjom gradom suprotstavlja utjecaju vanjskih sile i to traje sve do odležavanja tkanine, kada dolazi do uravnoveženja sile te tkanina poprima svoje konačne parametre. Rezultati ispitivanja pokazali su da se s porastom aksijalnih vlačnih sile na tkaninu njezina debljina povećava. U području u kojem se primjenjuje Hooke-ov zakon možemo s dovoljnom točnošću računati samo računska naprezanja o iz konvencionalnog (radnog) dijagrama.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

10. ZNANSTVENO-STRUČNO SAVJETOVANJE TEKSTILNA ZNANOST I GOSPODARSTVO

10<sup>th</sup> SCIENTIFIC-PROFESSIONAL SYMPOSIUM TEXTILE SCIENCE AND ECONOMY

24. siječnja 2017., ZAGREB, HRVATSKA / 24<sup>th</sup> January 2017, ZAGREB, CROATIA

## DIZAJN I IZRADA KOLEKCIJE ODJEĆE INSPIRIRANE TRANSHUMANIZMOM

### DESIGN AND MAKING OF CLOTHING COLLECTION INSPIRED BY THE TRANSHUMANISM

Anica HURSA ŠAJATOVIĆ; Matilda ADIĆ IVANČIR & Irena ŠABARIĆ

#### 1. UVOD

Odjernuti se (ili razdjenuti), prirodna je ljudska potreba, može se reći i čin kojim ljudsko tijelo ili osoba zauzimaju svoje mjesto u prostoru i vremenu, a time ostvaruju i prvu komunikaciju s drugima. S obzirom da je odjevanje, kao temeljna i prirodna ljudska potreba poznato od prehistorijskog vremena, ono je svjedok povijesnih kretanja i zbivanja, te odjeća i tekstil u sebi nose sva obilježja određenog društvenog i vizualnog vremenskog i prostornog okvira. Prilikom dizajna kolekcije odjeće, dizajner detaljno promišlja o namjeni odjevnih predmeta, funkcionalnosti, modi, vremenu u kojem nastaje kolekcija, materijalima, a također pojedina kolekcija može biti inspirirana određenom temom. U nastavku je prikazan dizajn vlastite kolekcije odjeće inspirirane transhumanizmom, te je prikazana realizacija odabranih modela.

#### 2. TRANSHUMANIZAM

Transhumanizam je način razmišljanja o budućnosti temeljen na pretpostavci da ljudska vrsta, u svom sadašnjem obliku, ne predstavlja kraj našeg razvoja već relativno ranu fazu. Transhumanizam se može definirati kao pokret koji zagovara uporabu novih znanosti i tehnologija za poboljšanje ljudskih mentalnih i fizičkih sposobnosti i prirodenih vještina, te ponuštenje onoga što se smatra nepoželjnim i nepotrebним aspektima ljudskog stanja, kao što su glupost, patnja, bolest, starenje i nježeljena smrt. Transhumanistički mislioci proučavaju potencijalne prednosti i opasnosti od novih tehnologija koje bi mogle prevladati temeljna ljudska ograničenja, kao i etiku za primjenu takvih tehnologija. Najčešća teza je da ljudska bića mogu na kraju evoluirati u različita bića sa natprirodnim sposobnostima, u smislu proširenja iz prirodnog stanja, te nositi označku postljudska bića.

#### 3. EKSPERIMENTALNI RAD I REZULTATI

U okviru eksperimentalnog rada napravljen je dizajn kolekcije odjeće "The whole again" (naziv kolekcije je odabran jer autorica nalazi inspiraciju za svoj dizajn u vlastitom shvaćanju transhumanizma). Svaki detalj kolekcije je inspiriran nekim detaljem koji se veže uz transhumanističko shvaćanje svijeta koje možda izravno ne izgleda tako. Uz dizajn svakog modela detaljno je objašnjena inspiracija. U nastavku je prikazana serija NATURALIA SUNT TURPIA koja sadrži tri modela.

Osmisljavanje kolekcije počinje poučavanjem literature i skiciranjem početnih skica. Sl. 1 prikazuje kreativnu igru prije stvaranja same kolekcije.



Slika 1: Kreativna igra



Slika 2: NATURALIA SUNT TURPIA serija odjevnih predmeta: a. SKELETON; b. THE BIRTH; c. THE BIRTH V2

NATURALIA SUNT TURPIA serija sadrži tri modela koji su prikazani na sl. 2.

1. SKELETON (sl. 2a) je odjevni predmet koji naglašava brisanje čovjekova postojanja kao takva. Osnovna ideja je naglasak na čovjekovu srž, kostur postojanja gdje čovjek nije definiran ni spolom, ni karakterom, ni godinama, ni rasom ili religijom, nikakvim svojim određenjem već samo svojom egzistencijom.
2. THE BIRTH (sl. 2b) je odjevni predmet komparacije i isticanja prednosti (manu) futurističke percepcije napretka znanosti. Predstavlja jednu prirodnu stranu životnog ciklusa od začeća do početka svjesnog egzistiranja u paraleli s umjetne strane životnog ciklusa i zatoljivanja nametnutog biološkog procesa života.
3. THE BIRTH V.2 (sl. 2c) je odjevni predmet povezan sa THE BIRTH, te je osnovni koncept uzimanja izbora koji verzija THE BIRTH nudi. Strogo definiranje budućnosti gdje je čovjek kreator novog čovjeka, te dizajner njegovih odlika. Budućnost je ovdje odabrana kako bi čovjek bio Bog, a Bog prestao postojati.

Izrada odjeće započinje mjerjenjem antropometrijskih mjera modela, izračunavanjem konstrukcijskih mjera te njihovom međusobnom usporedbom. Nakon dobivanja svih potrebnih mjera izrađuje se osnovni kroj na papiru u prirodnoj veličini koji se spaja pribuđaćama te isprobava na krojačkoj lutki. Daljnji korak je korekcija osnovnog kroja ako je potrebno. Kada je osnovni krok završen slijedi modeliranje osnovnog kroja prema skici modela odjevnog predmeta, te se u prirodnoj veličini u papiru isprobava pristajanje na krojačkoj lutki. Ako modelirani krok pristaje na krojačkoj lutki, započinje razdvajanje krojnih dijelova, dodavanje šavnih dodataka, krojenje materijala, šivanje probnog modela i na kraju "photo session".



Slika 3: Photo session izrađenog odjevnog predmeta THE BIRTH V2

#### 4. ZAKLJUČAK

Transhumanizam je danas prisutan u golovu svim segmentima života, pa tako i u modnoj industriji. Cilj ovog rada je bio izraditi kolekciju odjeće inspirirane transhumanizmom. Kroz poučavanje, učenje i promišljanje o samom transhumanizmu kao filozofiji, dizajn kolekcije odjevnih predmeta dobio je novu dimenziju. Ono što je važno u dizajnu kolekcije, jest dati dozu umjetnosti, pokreta i emocija, ispisati priču kroz linije, oblike i boje; izraditi poeziju kroz fotografiju.

Izrada kolekcije odjeće inspirirane transhumanizmom nije poput stvaranja pret-a-porter ili klasične konfekcijske kolekcije odjeće, jer transhumanizam objedinjuje elemente koji nisu dio kolekcije u kolekciji. U prikazanoj kolekciji odjeće važan je ambijent, okruženje, stanje uma i duha ne samo dizajnera već i modela, važni su materijali i transparentnost promatrača. Kolekciju odjeće u ovom slučaju ne čini samo odjeća već i modni dodaci, poznavanje ljudske svijesti, ljudske prirode, te neravno sama priroda stvorenenog svijeta. Prikazani rezultati nisu samo dizajn, već cjelokupna realizacija modela odjeće inspiriranih temom transhumanizma, počevši od odabira tekstilnih materijala, konstrukcije temeljnog kroja, modeliranja, provjere izrađenog kroja odjeće, krojenja materijala, šivanja iskrojenih dijelova i završno glačanje.

#### AUTORI

Doc. dr. sc. Anica HURSA ŠAJATOVIĆ; Matilda ADIĆ IVANČIR; mag.ing.techn. text.; Doc. dr. sc. Irena ŠABARIĆ  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10 000 Zagreb, Hrvatska

## KREATIVNOST - DIO STEM RADIONICA U PROMICANJU KOMPETITIVNOSTI S TEKSTILNOG Tiska I BOJANJA TEKSTILA

CREATIVITY - PART OF STEM WORKSHOP IN PROMOTION OF COMPETENCES IN TEXTILE PRINTING AND TEXTILE DYEING

### STEM

STEM se može opisati kao kurikulum temeljen na ideji podučavanja u 4 specifične discipline:

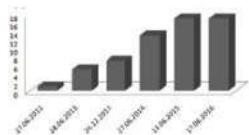
- Znanost
- Tehnologija
- Inženjerstvo
- Matematika



STEM naglašava učenje u različitim okolinama i prezentira kako se znanstvene metode mogu primjeniti u svakodnevnom životu. Naglašeno je analitičko razmišljanje i rješavanje stvarnih, često interdisciplinarnih problema.

### KREATIVNOST - NEIZOSTAVNI DIO STEM-a

Povezanost STEM-a i kreativnosti proizlaze iz same ideje i potrebe nastanka pojma STEAM. Za ekonomski rast uz STEM područje, važna je snaga kreativnosti te je uveden pojam "kreativnost ("art")". Kao rezultat toga STEM se transformira u STEAM. Budućnost inovativnog razmišljanja u STEM disciplini potiče na to da se razbije razlika između disciplina koje se tradicionalno smatraju "kreativnima", kao umjetnost ili glazba, i STEM disciplina koje se tradicionalno smatraju "kruće" ili logičko-matematičke.



Slika 1. Grafički prikaz posjećenosti djece na radionicama COLORINA

Broj djece na radionicama COLORINA limitiran je prostorom u kojem se održavaju. Uočava se da je brojnost djece na COLORINA-ma u zavodu za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju TTF-a sve veća te su na temelju pozitivne prakse sa Festivala znanosti presejlene u Tehnički muzej Nikola Tesla.

### ZAKLJUČAK

Potpriča uspješnosti ovih programa i motivacija za daljnji rad i angažman svakako je broj djece koja se rado vraćaju na COLORINE. Prema tome može se pratiti njihov osobni rast i razvoj, interes i širina znanja iz područja bojanja i tiska tekstila.

Poučavanje i učenje koje povezuje umjetnost i znanost bitno je, jer programi temeljeni na umjetnosti dovode do povećanja motivacije, interesa i učenja.

### CILJ STEM-a

Ciljevi STEM pokreta:

- Transformirati politiku istraživanja
- Staviti kreativnost i dizajn u centar STEM-a
- Poticati integraciju kreativnosti i dizajna sa ostalim područjima
- Utjecati na poslodavce da zaposle umjetnike i dizajnere za osmišljavanje inovacija

Također se želi potaknuti djecu da odaberu STEM zbog sebe, značajne i ljepote ovog područja. Ovakvi programi mogu se uspješno provoditi u sklopu nastave, izvannastavnih i izvanškolskih aktivnosti.

### CILJ STEM RADIONICE COLORINA

Cilj ovih radionica je promicanje i podizanje kompetitivnosti u području tekstila, tekstilnog tiska i bojanja tekstila te razvoj svijesti o ljepoti i važnosti inženjerstva u razvoju društva.



- Djeci primjereni sadržaji i teme približavaju ljepotu rada u laboratorijima.
- Osvještava ih se o potrebi zaštite i opreza pri radu.
- Upoznavaju se tehnikama sito i digitalnog tiska.
- Oslikavanje prirodnim i pigmentnim bojilima.

Po završetku STEM radionice sudionici spoznaju povezanost tehnologije, znanosti i umjetnosti.



- izv. prof. dr. sc. Ana SUTLOVIĆ
- Dora ŠTEFANEĆ, univ. bacc. ing. dec. text.
- Ivana ILIĆIĆ, univ. bacc. ing. dec. text.
- Valerija LJUBIĆ, univ. bacc. ing. dec. text.
- MA RCA Katarina IVANIŠIN KARDUM, viša muzejska pedagoginja



10. ZNANSTVENO-STRUČNO SAVJETOVANJE TEKSTILNA ZNANOST I GOSPODARSTVO  
10<sup>th</sup> SCIENTIFIC-PROFESSIONAL SYMPOSIUM TEXTILE SCIENCE AND ECONOMY  
24. siječnja 2017., ZAGREB, HRVATSKA / 24<sup>th</sup> January 2017, ZAGREB, CROATIA

## ISTRAŽIVANJE OTPORNOSTI PROLASKU TOPLINE RAZLIČITIH KOMBINACIJA MUŠKE ODJEĆE

Snježana FIRŠT ROGALE\*; Monika BENIĆ & Dubravko ROGALE\*

\*Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

Ispitivanja otpornosti prolasku topline različitih kombinacija muške odjeće su izvedena na mjernom sustavu za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava i odjeće koji je patentno zaštićen, realiziran, umjeren i instaliran u Laboratoriju za procesne parametre Zavoda za odjevnu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog Fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Sustav se sastoji od segmentiranog metalnog odljevka oblikovanog prema ljudskom tijelu, tzv. termalnog manekena koji omogućava statička i dinamička mjerjenja pri simulaciji hodanja čovjeka, a nalazi se u posebno projektiranoj klima komori te ima pripadajući softver za upravljanje termalnim manekenom, za mjerjenje na termalnom manekenu i softver za upravljanje klima komorom. Istraživanja su izvedena u statičkom modu prema normi HRN EN ISO 15831. Utvrđeno je da se slojevitim oblaćenjem odjeće povećava sveukupni toplinski otpor odjevnog sustava.

Prikazani mjerni sustav osvoji je niz nagrada na međunarodnim sajmovima inovacija.





## IZRADA REPLIKE MUŠKE NARODNE NOŠNJE VARAŽDINSKOG KRAJA

Romana GREGANOVIĆ<sup>1</sup>; Željko KNEZIĆ<sup>1</sup>; Željko PENAVA<sup>2</sup>; Agata VINČIĆ<sup>1</sup> & Josip PETRIC<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Stručni studij u Varaždinu

<sup>2</sup>Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb

**Sažetak:** U ovom radu opisana je muška narodna nošnja dijela Podravine – iz okolice Varaždina. Nasušna je potreba sačuvati originalne uzorke nošnje, a za povremenu upotrebu nužno je izraditi replike koje će dostoјno zamjeniti originalne. Opisani su materijali, postupci, tehnike te naprave i strojevi koji su potrebeni pri izradi replika. Posebna pozornost posvećena je prikazu i opisu krojeva koji su izrađeni temeljem analize originalnih uzoraka muške narodne nošnje. Navedene su radne operacije i slijed izrade replike jedne muške narodne nošnje iz bogate tradicijske baštine Varaždinskog kraja, Podravine i Međimurja.

### 1. Uvod

Narodna nošnja razvila se od jednostavnih odjevnih predmeta seoskog stanovništva. Žene su vodile briga o kreiranju i izradi odjeće za sve ukućane. Nošnja koju odijeva stanovništvo određenog područja otkriva kulturu, povijest, vještine, stvaralački domet i tradiciju kraja. Svaku životnu fazu, svaki događaj i značajnu promjenu u životu može se prepoznati po nošnji za tu prigodu. Narodna nošnja iz okolice Varaždina spada u jednostavnije nošnje. Kmetovi, seljaci i težak živjeli su skromno, pa i sama nošnja je skromna. Rađena je od ručno tkanih materijala koji su seljaci sami proizvodili. Posljednjih godina u nedostatku originalnih materijala, replike nošnji izrađuju se od industrijski proizvedenih pamučnih tkanina. Pri izradi nošnji nastoje se zadržati oblici i krojevi originalnih predložaka uz korištenje suvremenih strojeva i naprava.

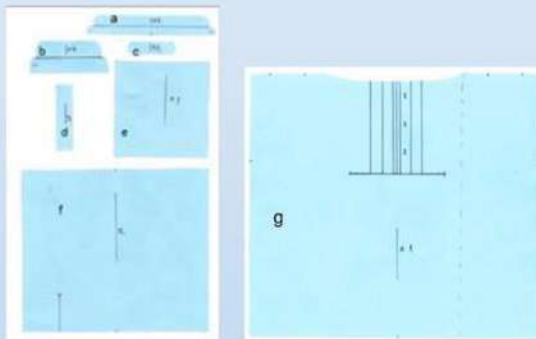
### 2. Muška svečana narodna nošnja iz okolice Varaždina

Za mušku nošnju Zagorja a tako i okolice Varaždina karakteristične su široke bijele gaće (breguše) i bijela košulja - rubača, (robača) (Sl. 1). Košulja se uvijek nosila van (preko) gaće. Gaće, ako su se nosile čizme (škornje), bile su utaknute, dok se u nekim područjima Zagorja gaće nosile izvan škornji samo prigodom svečanih prilika. Sastavni dio nošnje bio je prsluk (lajbec), obojci (nuče, obonjki) i šešir (škrilak).



a) b) c)  
Slika 1: Muška narodna nošnja: a) KUD Trnovec, b) Udruga Hajdina,  
c) Detalj prsnog dijela muške košulje - Udruga Hajdina

### 3. Izrada replike muške nošnje



Slika 2: Muška narodna nošnja – „kopirani“ dijelovi krojne slike: a) ovratnik (2 kom), b) orukvica (4 kom), c) prsna letvica (2 kom), d) pojačanje za rame (2 kom), e) umetak između nogavica „za duljinu koraka“ (1 kom), f) rukav (2 kom), g) prednji dio košulje (rubače). Nisu prikazane krojne slike nogavica gaća i leđa košulje

Izrada replike počinje analizom originalnog predloška nošnje, „vađenjem“ dijelova krojne slike, odabirom odgovarajućeg materijala (tkanine, konca, pribora...) i izradom krojnih dijelova (Sl. 2). Prema krojnim dijelovima izradi se plan tehnoloških operacija (s navedenim sredstvima rada) za mušku košulju i gaće. Pošto se radi o specifičnom odjevnom predmetu s mnogo ručnog rada, plan u ovom obliku nije primjenjiv za industrijsku proizvodnju, ali sadrži temeljne pokazatelje za izradu muške narodne nošnje.

### 4. Zaključak

Izrada replike muške narodne nošnje zahtjeva posebne sposobnosti i vještine. Stručnost, znanje i vještine ruke ključni su za izradu krojnih dijelova nošnje i veza koja trebaju biti identični kao na originalnoj nošnji. Važno je da se, u dobroj namjeri, ali zbog trenutne nedostupnosti odgovarajućih resursa, ne pribegne improvizacijama.



## IZRADA KOLEKCIJE ČARAPA INSPIRIRANIH ORNAMENTIKOM ROKOKOA

Matija Lušićić (lusiciecm@gmail.com)  
Vesna Marija Potočić Matković (marija.potocic@ttf.hr)

### SAŽETAK

Sloboda modne ekspresije je u punom jeku, a dizajnirane modne čarape nikad nisu bile bolje prihvaćene, stoga su postale važan segment odijevanja, te danas imaju status modnog dodatka.

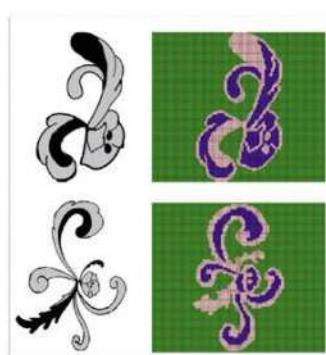
**Ornamentika rokokoa** je glavni motiv i inspiracija za izradu dizajnerske čarape na čaraparskom automatu gdje su napravljeni likovni uzorci eksportirani pomoću računala na upravljački program čaraparskog automata.

Na taj je način na proizvedenim čarapama prikazan spoj suvremene tehnologije i ornamentike rokokoa iz 18. stoljeća.

### KREATIVNA IGRA



### LIKOVNI PROJEKT + UZORKOVANJE



Iz serije crteža nastalih u kreativnoj igri izabrani su crteži koji su se naknadno u Adobe Ilustratoru prebacili u vektorsku grafiku te se dodatno uklonile greške i „nečistoće“, a unutrašnjost obojila.

Tako nastali "Likovni projekti" su ubačeni u program **Photon** u kojem ih je bilo potrebno prilagoditi za daljnju izradu.

Poznавајући tehnologiju uzorkovanja, uzorci koji nisu odgovarali tehnologiji zbog prevelike rezolucije, morali su se također prilagoditi.

### KOLEKCIJA ČARAPA





Suzana KUTNJAK-MRAVLINCĆ & Ana SUTOVIĆ



Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno tehnički fakultet  
Tekstilna znanost i gospodarstvo

## TENISICA – CIPELA DVADESETOG STOLJEĆA

### SNEAKERS - SHOES OF THE TWENTIETH CENTURY

#### S A Z E T A K

Na pojavu i razvoj tenisica utjecali su mnogobrojni faktori; od otkrića vulkanizacije gume, pojačanog interesa za sport i rekreaciju krajem 19. i početkom 20. stoljeća, nastanka popularnih Converse All Star tenisica, popularizacije od strane vrhunskih sportaša i slavnih osoba iz svijeta filma i glazbe, želje za identifikacijom s određenim ciljanim skupinama. U radu je sažeto opisan razvoj prvih tenisica, pojавa značajnih robnih marki tenisica u prvoj polovici 20. stoljeća, razvoj modnih tenisica u drugoj polovici 20. stoljeća te suvremena primjena aditivnih tehnologija i 3D tiska u izradi tenisica.

#### A B S T R A C T

There were a lot of factors that influenced the appearance and development of the sneakers; from the discovery of vulcanization of rubber, increased interest in sports and recreation in the late 19th and early 20th century, the emergence of popular Converse All Star sneakers, popularization by top athletes and celebrities from the world of film and music, a desire to identify with a certain target group. This paper briefly describes development of the first sneakers, the occurrence of significant sneakers brands in the first half of the 20th century, growth of fashion sneakers in the second half of the 20th century and also the modern application of additive technology and 3D printing in the making of sneakers.



2016. Nike

1916.



Keds

1917.



Converse All Star

1931.



Converse All Star

1936.



Dassler

1952.



Puma

Rad je finansiran sredstvima Hrvatske zaklade za znanost u okviru projekta 9967, Napredni tekstilni materijal dobiveni ciljanom modifikacijom površine, ADVANCETEX.

# Sinteza i ciljana primjena metalnih nanočestica

Synthesis and targeted application of metallic nanoparticles



doktorandica: mag. ing. oecing. Lela Pintarić

mentorica: doc. dr. dr. sc. Iva Rezić

Tekstilno-tehnološki fakultet (TTF), Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb, Hrvatska  
 lela.pintaric@ttf.hr



## UVOD:

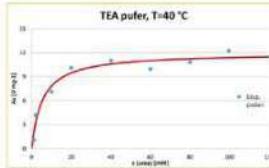
S obzirom na znatan porast upotrebe metalnih nanočestica točno određenih svojstava čijom se primjenom materijalima poboljšavaju čvrstoća, tvrdoća, antibakterijska i druga svojstva, uspostavljen je projekt **SINTEZA I CILJANA PRIMJENA METALNIH NANOČESTICA (STARS)** čiji su ciljevi:

- uspostava interdisciplinare međunarodne istraživačke skupine
- izolacija i identifikacija novih enzima za sintezu nanočestica i njihova analiza
- razvoj ekološki povoljnog procesa sinteze metalnih nanočestica
- praćenje reakcija i otkrivanje novih mehanizama stvaranja nanočestica *in situ*
- karakterizacija sintetiziranih metalnih nanočestica
- razvoj i ispitivanje novih funkcionalnih polimernih materijala s tankim slojem nanočestica za ciljanu primjenu u zaštitnim materijalima
- usluge i proizvode ponuditi prehrambenoj i tekstilnoj industriji

Dosad je kao preliminarno istraživanje provedena **biokatalitička sinteza nanočestica kalcijevog karbonata**, kao široko primjenjivanog minerala, iz produkata reakcije hidrolize uree uz enzim ureazu i kalcijev klorid. Ciljevi istraživanja bili su u tri različita reakcijska medija (HEPES i TEA pufer, redestilirana voda) i pri dvije temperature ( $T=30^{\circ}\text{C}$  i  $40^{\circ}\text{C}$ ):

## 1. ISPITIVANJE KINETIKE UREAZE (Slika 1)

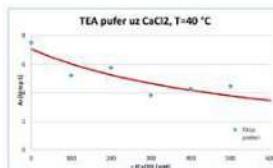
- Michaelis – Menten kinetika
- Parametri (1): brzina reakcije raste s porastom temperature u HEPES i TEA puferu, a podjednaka je u redestiliranoj vodi
- Parametri (2): veću specifičnost prema supstratu enzim pokazuje pri višoj temperaturi u TEA puferu i redestiliranoj vodi, odnosno obrnuto u HEPES puferu



Slika 1 Ovisnost specifične aktivnosti enzima ureaze o koncentracijama uree u TEA puferu pri  $T=40^{\circ}\text{C}$  ( $c_{\text{urea}}=1-100 \text{ mM}$ ;  $c_{\text{TEA}}=0,1 \text{ mM}$ ;  $c_{\text{ureaza}}=0,1 \text{ mg mL}^{-1}$ )

## 2. UTJECAJ KALCIJEVIH IONA NA AKTIVNOST ENZIMA UREAZE (Slika 2)

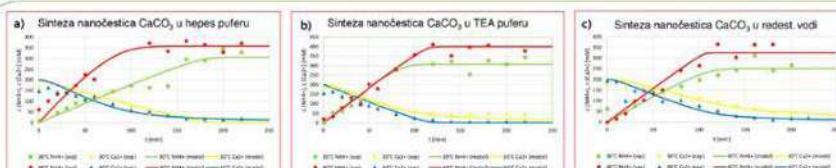
- kalcijevi ioni inhibiraju aktivnost enzima ureaze **nekompetitivnom inhibicijom**
- procijenjene konstante inhibicije – inhibicija nije značajna



Slika 2 Ovisnost specifične aktivnosti enzima ureaze o koncentracijama  $\text{CaCl}_2$  u TEA puferu pri  $T=40^{\circ}\text{C}$  ( $c_{\text{urea}}=100 \text{ mM}$ ;  $c_{\text{TEA}}=0,1 \text{ mM}$ ;  $c_{\text{ureaza}}=0,1 \text{ mg mL}^{-1}$ ;  $c_{\text{CaCl}_2}=0-500 \text{ mM}$ )

## 3. SINTEZA NANOČESTICA KALCIJEVOG KARBONATA (Slike 3 a – c)

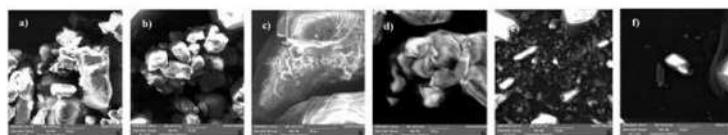
- uz eksperimentalno dobivene, prikazani i rezultati dobiveni simulacijom u *Scientist*-u na temelju **matematičkog modela** postavljenog temeljem ispitivanja kinetičke enzima ureaze
- odstupanja prisutna kod amonijaka uslijed njegovog isparavanja nepredviđenog modelom
- procijenjene konstante brzine reakcije – **brzina nastajanja čestica** u svim medijima manja na nižoj temperaturi; na obje temperature brzina nastajanja čestica najmanja u redestiliranoj vodi



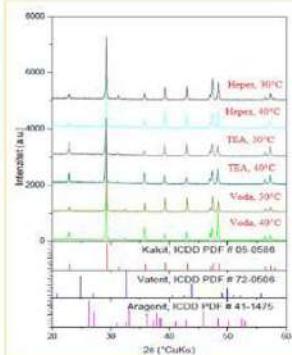
Slika 3 Sinteza nanočestica  $\text{CaCO}_3$  iz produkata reakcije hidrolize uree katalizirane enzimom ureazom u kotlastom reaktoru sa stalnim mješanjem ( $c_{\text{urea}}=200 \text{ mM}$ ;  $c_{\text{ureaza}}=0,44 \text{ mg mL}^{-1}$ ;  $c_{\text{CaCl}_2}=200 \text{ mM}$ ;  $T=30/40^{\circ}\text{C}$ ;  $V_{\text{reaktor}}=5 \text{ mL}$ ) provedena u: a) HEPES puferu ( $c_{\text{HEPES}}=0,1 \text{ M}$ , pH 7); b) TEA puferu ( $c_{\text{TEA}}=0,1 \text{ M}$ , pH 7); c) redestiliranoj vodi

## 4. KARAKTERIZACIJA DOBIVENIH ČESTICA

- karakterizacija na **pretražnom elektronskom mikroskopu** (SEM; Slika 4 a – f) – temeljem prikaza određene su **veličine** dobivenih čestica (Tablica 1) – sintetizirane su **mikročestice**
- općenito manje čestice nastale pri nižim temperaturama; medij u kojem je proveden eksperiment nema značajan utjecaj na veličinu čestica
- karakterizacija na **rendgenskom difraktometru** (XRD; Slika 5) – u svim uzorcima prisutan je kalcijev karbonat u kristalnoj modifikaciji **kalcita**; vaterit je u malim količinama prisutan kod čestica sintetiziranih u redestiliranoj vodi; aragonita nema



Slika 4 Prikaz čestica snimljenih pomoću SEM-a; čestice nastale u HEPES puferu pri a)  $T=30^{\circ}\text{C}$ , povećanje 2.070 x i b)  $T=40^{\circ}\text{C}$ , povećanje 2.060 x; TEA puferu pri c)  $T=30^{\circ}\text{C}$ , povećanje 3.070 x i d)  $T=40^{\circ}\text{C}$ , povećanje 2.060 x; redestiliranoj vodi pri e)  $T=30^{\circ}\text{C}$ , povećanje 2.070 x i f)  $T=40^{\circ}\text{C}$ , povećanje 2.060 x;



Slika 5 Difraktogram dobiven XRD analizom čestica

Tablica 1 Prosječne veličine sintetiziranih čestica

Medij	Temp. [°C]	Raspont veličina, [μm]	Prosječna veličina, [μm]
HEPES		3,809 - 6,190	4,857
TEA	30	2,114 - 9,314	4,571
Voda		3,809 - 5,555	4,696
HEPES		9,649 - 23,157	14,807
TEA	40	22,611 - 33,757	26,354
Voda		7,096 - 32,903	20,581



Projekt finančira Hrvatska zaklada za znanost u okviru uspostavne istraživačke potpore UIP-09-2014-1534 STARS

10. znanstveno – stručno savjetovanje  
 Tekstilna znanost i gospodarstvo





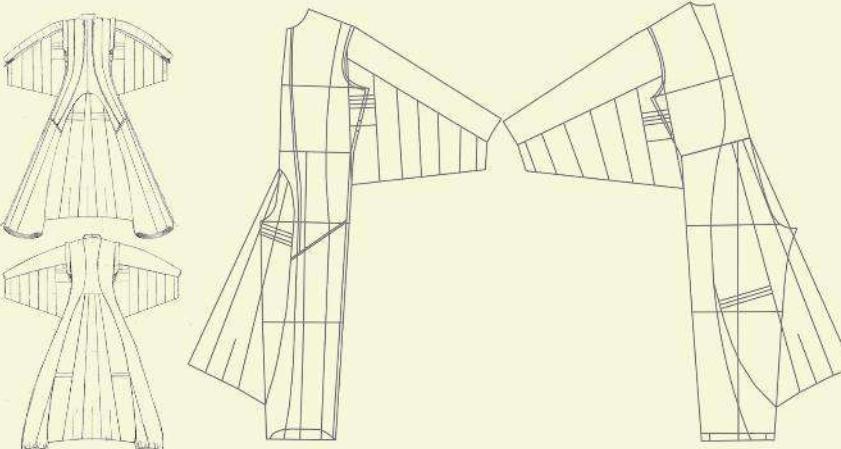
## KONSTRUKCIJA I MODELIRANJE FUNKCIONALNOG ODIJELA ZA SLOBODNI SKOK

Jelena MARJANOVIĆ; Slavica BOGOVIĆ  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet,  
Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb

Težnja za letenjem je oduvijek čovjeku bila bliska, a s odijelom za slobodni skok ona postaje i moguća. Tzv. wingsuit je funkcionalno odijelo za slobodni skok bez upotrebe padobrana. Skok se uobičajeno izvodi iz zrakoplova ili s litice planina i krovova zgrada. Prvo moderno specifično odijelo za letenje napravljeno je 1990-ih, a odijelo je oblikovano na način da se između nogavica hlača, te rukava i bočnog dijela odijela nalazi tekstilni materijal koji simulira krila. Ova odijela se ponekad nazivaju leteća vjeverica ili šišmiš odijela. Ovaj ekstremni sport se godinama usavršava, između ostalog, i unapređivanjem funkcionalnosti i kvalitete odijela za slobodni skok, te se ne prestano teži višem stupnju sigurnosti i edukacije o odijelu i njegovoj upotrebni. Vrlo važan zahtjev u ovom sportu je konstrukcija takvog odijela koje bi omogućio sigurno prizemljivanje.



Slika 1. Kombinezon za slobodni skok



Slika 2. Skica odijela za slobodni skok

Slika 3. Konstrukcija i modeliranje odijela za slobodni skok

Zahvala  
Zahvala Robertu Pečniku na suradnji i pruženim informacijama o odijelu za slobodni skok.

marjanovicjelena87@gmail.com  
slavica.bogovic@tf.hr



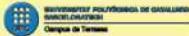
TTF

## POSTOJANOST VODO- I ULJE-ODBOJNIH APRETURA NA PAMUČnim TKANINAMA NA UVJETE ODRŽAVANJA

Tihana DEKANIĆ<sup>1</sup>; Lidia MARTINEZ MENENDEZ<sup>2</sup>; Sandra FLINČEC GRGAC<sup>1</sup>; Tanja PUŠIĆ<sup>1</sup> & Anita TARBUK<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet  
Politecnical University of Catalonia, Terrassa School of Industrial, Aerospace and Audiovisual Engineering



Fluorkarbonska (FC) smola, s vrijednostima kritične površinske napetosti do 15 mN/m, u fazi kondenzacije formira polimerni film na površini tekstilnih materijala, što rezultira svojstvima vodo- i ulje-odbojnošću. Nakon impregnacije materijal se suši pri ~ 110 °C i kondenzira u rasponu temp. od 150 do 170 °C cirkuliranjem vrućeg zraka. Visoke temperature mogu uzrokovati oštećenje materijala ili promjenu tona boje.

FC smole se odlikuju izvanrednom kemijskom i termičkom stabilnošću, što doprinosi postojanosti na uvjete održavanja apretiranih materijala. Prethodna istraživanja pokazala su da je postojanost bolja kod sintetskih materijala, te da se vodo-odbojnosc smanjuje s brojem pranja, ali se nadoknađuje glačanjem.

Iz tog razloga istraživanja su usmjerena na ispitivanje postojanosti vodo- i ulje-odbojno apretiranih pamučnih tkanina na uvjete održavanja:



### Materijal i metode

#### Opis i obrada tkanina

Tkanina	Ogledloboja
B	Tkanina, domet ven, 100 % pamuk, 178 g/m <sup>2</sup> , optički bijeljena (Tvarnica tekstila Tugovičić d.o.o., TZT)
Z	Tkanina, domet ven, 100 % pamuk, 220 g/m <sup>2</sup> bijeljena pasteleni žut ton (TTT)
R	Tkanina, domet ven, 100 % pamuk, 220 g/m <sup>2</sup> bijeljena pasteleni žut ton (TTT)
A	Apretnice 40 g/lit Svezphob ITU (Tekstilnici) - FC smola, 80 g/lit Svezphob W (Tekstilnici) - ekstrudirana vodena emulzija polimernog vaskova, 1 g/l Kremnitzer NI (Kremničko - nemški lezajd, pH 5, proizvedeno s CH3COOH)
	Ograda impregnacija (E, 90 %) sušenje (110 °C, 4 sata) - kondenzacija: 160 °C, 3 sata

Mjerenje spektralnih karakteristika provedeno je na remisijskom spektrofotometru Spectraflash SF 600 PLUS-CT, tt. Datacolor. Određivanje ukupne razlike u boji (dE) i usporedba sa sivom skalom provedena je instrumentalnom metodom prema ISO 105-A05:2003

### Rezultati

Rezultati kvašenja i vodo-odbojnosi pokazuju da su neapretirane tkanine hidrofilne. Nakon obrade FC smolom iz rezultata vodooodbojnosi vidljivo je da se postižu izvrsna svojstva (ISO 5). Obzirom da ispitivanje po ovoj metodi (Spray test) daje samo ocjenu izgleda površine materijala, provedeno je i ispitivanje vodo-odbojnosi po metodi okišnjavanja.

#### Vrijeme kvašenja t [s]

Tkanina	Tid			Presti glaćenja		
	Prije pranja i narančica	Prije glaćenja i vodene emulzije	Prije vodenog čekića	Prije pranja i narančica	Prije glaćenja i vodene emulzije	Prije vodenog čekića
B	<1	<1	<1	<1	<1	<1
BA	>300	>300	29	>300	>300	>300
Z	2	1	<1	2	1	1
ZA	>300	>300	104	>300	>300	>300
R	1	1	<1	1	1	1
RA	>300	>300	56	>300	>300	>300

#### Vodo-odbojnost pamučnih tkanina prema HRN EN ISO 4920:2012

#### Ocjena vodo-odbojnosi pamučnih tkanina prema ISO 9865:1991 (Spray test)

Tkanina	Prije glaćenja			Presti glaćenja		
	Prije pranja i narančica	Prije vodenog čekića	Prije emulzije i vodene emulzije	Prije pranja i narančica	Prije glaćenja i vodene emulzije	Prije vodenog čekića
B	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0
BA	ISO 5	ISO 4	ISO 2	ISO 5	ISO 4	ISO 5
Z	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0
ZA	ISO 4	ISO 0	ISO 0	ISO 5	ISO 0	ISO 1
R	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0	ISO 0
RA	ISO 5	ISO 0	ISO 0	ISO 5	ISO 0	ISO 1

#### Ukupna razlika u boji (dE) i usporedba sa sivom skalom pamučnih tkanina prema ISO 105-A05

Tkanina	Prije glaćenja			Presti glaćenja		
	Prije pranja i narančica	Prije vodenog čekića	Prije emulzije i vodene emulzije	Prije pranja i narančica	Prije glaćenja i vodene emulzije	Prije vodenog čekića
B	0	5	0,125	5	0,147	5
BA	2,384	4,5	3,077	6,5	2,919	4,5
Z	0	5	0,124	5	0,241	5
ZA	1,182	8	0,697	9	0,603	8
R	0	5	0,214	5	0,265	5
RA	2,173	8	0,612	9	0,684	8

Pastelno obojeni tkanini, žutog i ružičastog tona, imaju izvrsnu postojanost na pranje, bez obzira na glačanje. Razlog visoke postojanosti pastelnih tonova je pranje deterdžentom koje ne sadrži optičko bijelilo.

Optički bijeljena tkanina (B) ima neznatno nižu ocjenu, 4-5. Razlog tomu je gubitak dijela optičkog bijelila u pranju. Kako je za ovo ispitivanje primijenjen standardni ECE deterdžent bez optičkog bijelila, bilo je za očekivati nešto nižu ocjenu.

Na bijeljenoj tkanini postižu se najviše ocjene vodo-odbojnosi koje su postojane na uvjete održavanja - izvrsna se ocjena zadržava nakon 5 ciklusa pranja i glačanja. Ista pojava je uočljiva na pastelno obojenim tkaninama, uz nešto niže ocjene.

Mogući razlog nižim ocjenama je rezervacija aktivnih skupina celuloze u procesu bojadisanja jer su prema deklaraciji proizvođača



### Zaključak

Primjenom FC smola na bijeljenoj tkanini se postiže visoka vodo- i ulje-odbojnost postojana na uvjete održavanja, ako se provodi glačanje između ciklusa pranja. Ukoliko se ne provodi, dolazi do uklanjanja apreture.

Vodo- i ulje-odbojnosi postignute su i na pastelno obojenim tkaninama, s naglaskom na slabiju postojanost na uvjete održavanja. Uzrok tomu je slabije umrežavanje FC smole zbog prethodno rezerviranih aktivnih mesta reduktivnim bojalima.

The work has been supported by Croatian Science Foundation under the project 9967 ADVANCETEX



ZAHVALA

The authors thank the company Textilcolor for donation of FC resins and auxiliaries

The authors would like to acknowledge the ERASMUS+ mobility programme for students



## SUVREMENI MODNI DIZAJN I TEHNOLOGIJA: SVJETLOST I TIJELO CONTEMPORARY FASHION DESIGN AND TECHNOLOGY: ILLUMINATION AND THE BODY



Petra KRPAN i Ivana MRČELA  
petra.krpan@ttf.hr ivana.mrcela@ttf.hr



Novi mediji i tehnologija su imali velik učinak na razvoj suvremenog modnog dizajna. Svjetlost, koja je u modi prisutna u kreativnom procesu od 1980-ih godina 20. stoljeća, danas ima jednu od ključnih uloga u transformaciji odjevnog objekta što je vidljivo na primjeru rada dizajnerica Mary Huang i Yin Gao. Svjetlost kao tehnički element u modnom dizajnu postaje umjetnički alat, dok moda nasploh postaje tehnološki aparat. Upotreboom svjetla u modnom dizaju, tijelo/sujet reprezentira različite procese morfiranja, fragmentacije i izmjere. U tom smislu, tijelo oblikovano svjetlošću zadobiva ne samo nove karakteristike već i nove mogućnosti sudjelovanja u virtualnom svijetu.

Ključne riječi: suvremena moda, svjetlost, tijelo, tehnologija, dizajn

Međunarodna radionica *Fashion in the Light of Technology* osmišljena je pod vodstvom prof. dr. sc. J. Geršak, asist. prof. dr. S. Uran, viš. pred. Silvom Krešević Vraz, mag. ing. P. Krpan i mag. art. I. Mrčele na Sveučilištu u Mariboru, Fakultetu za strojarsku u sklopu CEEPUS programa u listopadu 2016. godine. Studenti su na radionici imali za zadatak osmisiti dizajn dviju haljina s svjetlosnim (LED) elementima i optičkim vlasnicima pod vodstvom mag. art. Ivane Mrčele i mag. ing. Petre Krpan, odabrat odgovarajuće materijale koji bi dobro funkcionali s upotrebom svjetlosnih elemenata, izradili dva prototipa, konstrukcijski rješili poteškoće oko spajanja baterije s LED diodama na tkanini, programirati program na Lilypad-u koji pokreće LED diode te u završnom stadiju spojiti mikro-komputer s led diodama i zaštići završne konstrukcijske dijelove odjevnog predmeta. Kao rezultat radionice dobile su se dvije haljine kompleksne konstrukcije sa obzirom na dobivenu mrežu konca koji provodi struju od Lilypad-a do LED dioda, pri čemu se moralo voditi računa da se dvije nit ne preklapaju kako ne bi došlo do kratkog spoja.

Na međunarodnoj radionici sudjelovali su studenti: Vjera Salopek (HR), Tena Zovak (HR), Valerija Ljubić (HR), Dora Štefanec (HR), Jan Sadek (SLO), Nareerut Janyapunya (CZ), Mihaela Plantak (HR), Boris Surlav-Pavlović (SLO).



10. ZNANSTVENO-STRUČNO SAVJETOVANJE TEKSTILNA ZNANOST I GOSPODARSTVO 2017 / 24. Siječnja 2017., Zagreb, Republika Hrvatska  
10<sup>th</sup> SCIENTIFIC-PROFESSIONAL SYMPOSIUM TEXTILE SCIENCE AND ECONOMY / 24<sup>th</sup> January 2017, ZAGREB, CROATIA



# PRIMJENA MIKROKAPUSLIRANIH TERMOKROMNIH BOJILA U DIZAJNU TEKSTILA

## APPLICATION OF MICROCAPSULATED THERMOCHROMIC DYES IN TEXTILE DESIGN

Iva MATIJEVIĆ; Antonela FULIR & Ana SUTLOVIĆ

Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet



**Kromizam** je fenomen reverzibilne ili irreverzibilne promjene obojenja i odnosi se na pojave kod kojih je boja rezultat širokog spektra interakcije svjetla i materijala. To je fenomen koji inducira reverzibilnu promjenu boje komponenata kemijskog spoja, što uključuje promjene poput pucanja kemijskih veza ili promjene molekulske konformacije.

**Termokromizam** je najčešći pojava kromizma kod kojeg se promjene obojenja dolazi uslijed djelovanja topline. Promjena boje pojavljuje se kroz dvije reakcije, odnosno između bojila i razvijača obojenja te između otapala i razvijača obojenja. Prva od ove dvije interakcije prevladava pri nižim temperaturama na kojima se otapalo nalazi u krutom stanju, tvoreći obojenje u kompleksu bojila i razvijača obojenja. Povećanjem temperature, otapalo prelazi u tekući oblik i uzrokuje raspad kompleksa bojila i razvijača obojenja, što sustav pretvara u bezbojno stanje.

Značajka termokromnih sustava je potreba za mikrokapsulacijom. **Mikroinkapsulacija** je tehnika kojom se izoliraju čestice u (tekućem, krutom ili plinovitom stanju) unutar ovojnica te se dobivaju proizvodi sfernog oblika, mikro ili nanometarske veličine. Ovojnica, najčešće polimera, štiti aktivnu tvar, tj. jezgru od vanjskog okruženja.

### Primjena termokromnih bojila u realizaciji obojenih efekata na zavjesama

#### Eksperimentalni dio

**Izbor tekstilnog materijala** - tisak je proveden na dvije poliesterske tkanine različite površinske mase: *tkanina 1 = 45,82 g/m<sup>2</sup>* i *tkanina 2 = 81,51 g/m<sup>2</sup>*.

Kod *tkanine 1* manje površinske mase nije postignut željeni estetski efekt zbog velike transparentnosti materijala te je odabrana *tkanina 2* površinske mase  $81,51 \text{ g/m}^2$ .



tkanina 2

**Tisak** - je proveden tehnikom sito tiska tiskarskim pastama proizvođača CHT Bezema. Za pripremu paste korišteno je 50 g tiskarske baze Printperfect 226 EC i 0,3 g fixatora Tubastix Fix 102 W. Za konture je primijenjeno pigmentno bojilo Colormatch 700 Schwartz, a za obojane efekte termokromna bojila Chromazone® red i magenta.

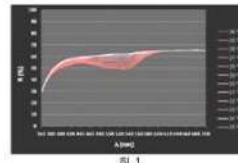
**Optimiranje koncentracije bojila** - S ciljem postizanja optimalnog, tj. vizualno uočljivog efekta promjene tona boje pripremljene su tiskarske paste (TP) različite koncentracije bojila. Rezultati su prikazani za:

TP1-red 0,1g Chromazone® red i TP2-red 1g Chromazone® red (u 50 g TP)

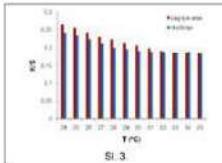
Otisnutim uzorcima je na remisijskom spektrofotometru DataColor SF600 Plus CT, opremljenom sa sustavom za zagrijavanje/hlađenje uzorka, izmerena remisija u temperaturnom rasponu od 24 °C do 35 °C, te je odredena dubina obojenja K/S.



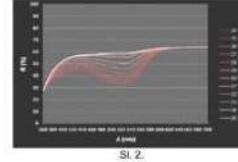
Spektrofotometrijskom analizom može se uočiti bitna razlika u remisijskim krivuljama u ovisnosti o koncentraciji bojila. Dobiven je veći raspon vrijednosti kod olsaka termokromnom TP crvenog tona veće koncentracije u odnosu na TP manje koncentracije (sl. 1.i2.)



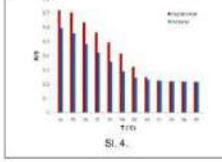
Sl. 1.



Sl. 3.



Sl. 2.



Sl. 4.

Dobivene zakonitosti potvrđene su određivanjem dubine obojenja. Uočava se vrlo mala razlika u promjeni K/S vrijednosti kod manje koncentracije bojila (slika 3.), što ukazuje da ovaj uzorak ne bi imao dovoljno uočljiv vizualni efekt u primjeni. Kod veće koncentracije (sl. 4.) vidljiva je razlika u dubini obojenja u temperaturnom rasponu 29 - 31°C pri zagrijavanju i pri hlađenju. Na slici 4. uočava se histereza karakteristična za termokromna bojila.

Sinergijom znanosti i dizajna dobiven je proizvod, zavjesa, s estetskom i funkcionalnom vrijednošću koja mijenja obojenje u određenom temperaturnom rasponu od 24 °C do 35 °C koji simulira uvjete upotrebe zavjese, tj. sobnu temperaturu.

Odabirom PES tkanine veće gustoće efekti su uočljiviji pri uvjetima uporabe.

Potrebno je pažljivo optimizirati koncentraciju termokromnih bojila u tiskarskoj pasti kako bi promjene obojenja u temperaturnom rasponu od 24 °C do 35 °C bile zadovoljavajuće.



Rad doktorandice IVE Matijević finansirala je Hrvatska zadruga za znanost, razvoj i inovacije i zaključci ili preporuke navedene u ovom materijalu odnose se na autora i ne odražavaju nužno stajališta Hrvatske zadruge za znanost.



## Primjena materijala s promjenom faze za postizanje termoregulacijskih svojstava tekstilnih materijala



Jelena Peran, Sanja Ercegović Ražić  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

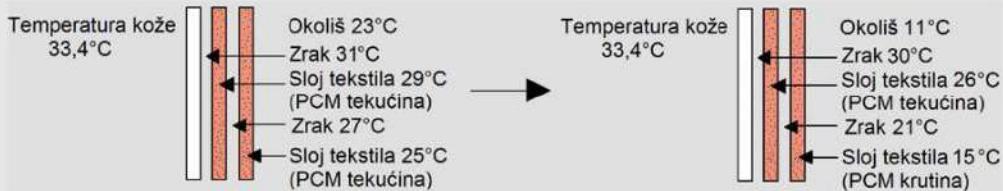


**MATERIJALI S PROMJENOM FAZE** (engl. *Phase Change Materials, PCM*) su tvari ili smjese tvari koje promjenom agregatnog stanja primaju i oslobođaju velike količine energije u obliku latentne topline uz istovremenu minimalnu promjenu vlastite temperature.



- ❖ Zagrijavanjem krutine dolazi do apsorpcije tzv. osjetne topline.
- ❖ Daljnjim zagrijavanjem dolazi do taljenja i pohrane značajne količine latentne topline do potpunog prijelaza u tekuće stanje.
- ❖ Zagrijavanjem tekućine pohranjuje se osjetna toplina, a isparavanjem latentna toplina isparavanja.
- ❖ Analogno, pri hlađenju PCM materijala promjenom agregatnog stanja dolazi do oslobođanja osjetne, odnosno latentne topline u okoliš

### ULOGA MATERIJALA S PROMJENOM FAZE U TEKSTILU – održavanje termofiziološke udobnosti



### VRSTE MATERIJALA S PROMJENOM FAZE



### UGRADNJA PCM-A U TEKSTIL

#### ENKAPSULACIJA PCM-A:

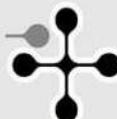


- ❖ Ugradnja PCM mikrokapsula u tekstil:

- Tijekom ispredanja vlakna.
- Naslojavanjem na vlakna i tekstilni plošni proizvod.
- Tijekom formiranja pjene i laminacije.

### PRIMJENA TEKSTILA TERMOREGULACIJSKIH SVOJSTAVA

- ❖ Odjeća i obuća - svemirska odjela, odjeća za sport i slobodno vrijeme, zaštitna odjeća, izolacija obuće.
- ❖ Kućanstvo - sjenila i zavjese, podne obloge, presvlake, posteljina.
- ❖ Prehrambena industrija - zaštita prehrambenih proizvoda.
- ❖ Građevinarstvo - pasivni i aktivni sustavi.
- ❖ Automobilска industrija - presvlake sjedala, unutrašnjost automobila.
- ❖ Medicina - pokrivači, gaze, zavoji.



#### Kontakt:

Jelena PERAN, mag. ing. tex. tech.  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet  
Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb  
e-mail: jperan@ttf.com



10. znanstveno-stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo  
24. siječnja 2017., ZAGREB, HRVATSKA

## MARKETINŠKA KOMUNIKACIJA NA PRIMJERU UVOĐENJA BREnda CLOX NA HRVATSKO TRŽIŠTE

## MARKETING COMMUNICATIONS IN THE CASE OF THE INTRODUCTION OF CLOX BRAND ON THE CROATIAN MARKET

Alica GRILEC KAURIĆ & Mia MARIĆ

**Sažetak:** Današnju modnu industriju karakterizira brzina i veliki broj konkurenčkih vrlo sličnih proizvoda na tržištu. Ono što čini razliku i održava kupce lojalnim je brand. Izazov današnjice je kreirati uspiješan brand i uspiješno njime komunicirati s kupcima. U komunikaciji s kupcima nužna je marketinška komunikacija kroz različite komunikacijske opcije. Ovim radom će se definirati marketinška komunikacija i komunikacijske opcije, a studijom slučaja na konkretnom primjeru će se prikazati komunikacijske opcije korištene u komunikaciji brenda CLOX s hrvatskim tržištem. CLOX je uspiješan brand modnih dodataka inspiriran temom vremena, poznat po prvim salonkama s funkcionalnim satovima.

**Abstract:** Today's fashion industry is characterized by speed and a large number of competitors with very similar products on the market. What makes the difference and keeps customers loyal is the brand. The challenge today is to create a successful brand and successfully communicate with customers. In communicating with customers marketing communication is essential through various communication options. This paper will define marketing communication and communication options, while a case study on a concrete example will show communications options used in the brand CLOX communication with the Croatian market. CLOX is a time themed accessories brand known for its patented stilettos with fully functional, custom made clocks.



**Clox** je brand modnih dodataka koje povezuje priču o vremenu. Clox iz kolekcije u kolekciju vrijeme preispituje, s njime se igra i utruje. Brand je nastao 2012. godine i od onda se uspiješno usavršava i izgrađuje na hrvatskom tržištu. Clox je brand inspiriran vremenom i kroz svaku kolekciju Cloxice propituju drugačiji aspekt vremena. U prvim kolekcijama Cloxice postavljaju pitanje, idemo li naprijed ili se vrtimo u krug? Krug predstavlja jedan dan, jedan mjesec, jednu godinu, jedan život i sve repetativne radnje koje radimo u tom periodu. Uzmimo primjer jednog dana i način na koji počinjemo i završavamo dan, te sve radnje između toga. Koliko toga radimo drugačije svaki dan, a koliko toga ponavljamo?

### Gradnje brenda na društvenim mrežama:

Pri razradi strategije gradnje brenda Clox na društvenim mrežama, krenulo se od određivanja tona komunikacije sa ciljnim tržištem analizom odgovora na sljedeća pitanja: tko je idealna Clox žena, koliko godina ima, što radi, gdje provodi slobodno

vrijeme, na kakva mesta putuje, što jede, kakve filmove gleda i kakve još brendove kupuju? Nakon analize odgovora na postavljena pitanja, usmjeravalo se oglašavanje.

Česta je praksa brendova započinjanje komunikacije s potencijalnim kupcima preko društvenih mreža zbog njihove dostupnosti i lakoće upravljanja i kreiranja sadržaja, te postoji opasnost od nepostojanja plana te neuspjeha u komunikaciji zbog velike količine sličnih oglasa. Uvažavajući navedeno, kao i činjenicu da je Clox proizvod višeg cijenovnog razreda, a kao brand je pomalo nadrealistički s pomoći šaljivom tematikom i veselinim tonom komunikacije, kvalitetna fotografija kojom se predstavljao prvi put na tržištu bila je visoke kvalitete, osvjetljenja i seta uvijek na profesionalnoj razini. Prateći trendove iz modnog oglašavanja, dizajnerica je zaključila kako danas kupci više traže "snimku s terena", iz studija, živi instant video koji ih prikazuje kako brend zaista živi iz minute u minuti, te je i brend Clox započeo sve više komunicirati putem animiranih gif videoa i snimki iz tvornice izradi kolekcija. [www.clox.hr](http://www.clox.hr)



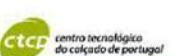
## Platforma Znanja za Prijenos Istraživanja i Inovacija u Proizvodnji Obuće

Sporazum Br. 2015-1-RO01-KA203-015198  
Period: 2015-2018



Erasmus+

Ovaj projekt je finansiran uz potporu Evropske komisije. Ova publikacija odražava stavove samo autora i Komisija se ne može smatrati odgovornim bilo kakvo korištenje koji mogu biti izrodene od sadržanih informacija.



INESCAP  
Instituto Universitario de Negocios  
Del IESCA y la UGR



[www.knowledge4foot.eu](http://www.knowledge4foot.eu)

### Ciljevi:

- razviti aktivnu suradnju između sveučilišta, poslovne zajednice i istraživačkih centara za procjenu potreba vještina za inovacije i tehnološki transfer;
- projektirati, ispitati i implementirati zajednički nastavni plan i programi virtualne prakse i pripadajuće e-learning sadržaje, s kreativnim razmišljanjem i pristupom rješavanju problema;
- postaviti Platformu Znanja koja olakšava prijenos inovacija u proizvodnji obuće simulirajući razvojne faze istraživačkih projekata.

### Ciljane skupine:

- Studenti u Visokom Obrazovanju,
- Profesionalci na upravljačkom vrhu i sredini upravljanja u tvornicama obuće, menadžeri, dizajneri, inženjeri i tehničari.



## IDEJA – MOGUĆNOSTI – REALIZACIJA



Sudjelujuća Tekstilno tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Regeneracija.  
U svrhu profesionalnog usmjeravanja, studentima je pružena mogućnost prijevoda na natječaj iz područja preizvodnje tihija s ciljem stjecanja iskustva i konkretniziranja ideja u finalnom produktu. Mogućnost prijevoda na natječaj imali su studenti Diplomske studije DIZAJNA TEKSTILA. Razrada skica i idejnih rješenja odvijala se pod mentorstvom doc. art. Koraljke Kovač Dugandžić, unutar kolegija Kreiranje tekstila Zavoda za dizajn tekstila i odjeće.

1. nagrada: Ivana Iličić / izrada tihija na temelju predložene skice; 170 x 240 cm
2. nagrada: Dijana Vojak Pokič / izrada tihija na temelju predložene skice, 140 x 200 cm
3. nagrada: Helena Drkečić / samostalna izložba u prostoru Regalerije

Nagrada studentice bili su izabrani od stručne komisije koju su činile Koraljka Kovač Dugandžić ( prof. likovne kulture i slikarica ), Ljiljana Bomeštar ( dizajnerica ) i Marija Gradečak ( dizajnerica iz područja dizajna tihija \_Regeneracija ).

Nagrada studentice predstavile su svoje radeve u sklopu izložbenog prostora Regeneracije na sajmu Ambienta 2016. godine.



## reGALERIJA



Autor postera: Dijana Vojak Pokič



PROJEKT

## Bijela čajanka - RADIONICE KOSTIMOGRAFIJE 2016

Ivana BAKAL; Đurđica KOCIJANČIĆ ŠNIDARIĆ & Marin SOVAR

Francuski paviljon, 19. 05. 2016., Zagreb.

Cilj projekta je stvaranje platforme za razvoj i očuvanje majstorskih zanata u izumiranju vezanih uz izradu povjesne odjeće i obuće, te za povezivanje mlađih umjetnika srodnih umjetničkih područja. Pod mentorstvom Ivane Bakal projekt začet u segmentu likovnosti osmisila je studentica diplomskog studija kostimografije Anamarija Prgomet kao prezentaciju rada studija kostimografije kroz javne radionice i izvedbu u Francuskom paviljonu u Zagrebu. U projekt smo u studente kostimografije Zavoda za dizajn i Stručnog studija u Varaždinu – Tekstilno-tehnološkog fakulteta uključili studente srodnih obrazovnih institucija Sveučilišta u Zagrebu – Akademije dramske umjetnosti, Muzičke akademije i Akademije likovnih umjetnosti – poput studenta režije, slikarstva, glume, pjevanja, sviranja i produkcije, majstora zanata. Osmosatnim predstavljanjem evociran je život grada Zagreba 1900., kroz majstorske radionice kostimografije, tkanja, izrade šešira i obuće, uz recitale, pjesmu i ples. U projektu su sudjelovali i učenici ŠPUD-a i korisnici Centra za osobe sa intelektualnim poteškoćama. Projekt je bio uključen u prvi Mjesec kreativnih i kulturnih industrija u Zagrebu. Javno predstavljanje projekta bilo je 19.05.2016. u Francuskom paviljonu u Zagrebu.



Zahvaljujemo svim sudionicima kreativne platforme okupljene u projektu Bijela čajanka: suradnicima s Akademije dramskih umjetnosti i Muzičke akademije Sveučilišta u Zagrebu, suradnicima s Škole primijenjene umjetnosti i dizajn u Zagrebu, Radionicu osoba s intelektualnim teškoćama Sesvetski Kraljevec, dislocirane jedinice Centra za rehabilitaciju Zagreb, majstorima umjetničkih zanata Radi Milosavljević i Renatu Bočaku, Hrvatskom narodnom kazalištu u Zagrebu te svim suradnicima, kolegama i studentima s Tekstilno-tehnološkog fakulteta: diplomskog studija kostimografije zavoda za dizajn tekstila i odjeće, zavoda za odjevnu tehnologiju te Stručnom studiju u Varaždinu.