



UNIVERZITET U NIŠU  
TEHNOLOŠKI FAKULTET  
LESKOVAC



**mr Mirjana Reljić**

**ISTRAŽIVANJE UTICAJA KVALITATIVNIH  
KARAKTERISTIKA TKANINA NA  
TERMOFIZIOLOŠKA SVOJSTVA ODEĆE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Leskovac, 2017.



UNIVERSITY OF NIŠ  
FACULTY OF TECHNOLOGY  
LESKOVAC



**mr Mirjana Reljić**

**IMPACT EXAMINATION OF THE FABRIC  
QUALITATIVE CHARACTERISTICS ON THE  
CLOTHING THERMOPHYSIOLOGICAL PROPERTIES**

DOCTORAL DISSERTATION

Leskovac, 2017.

## Podaci o doktorskoj disertaciji

Mentor:

Prof. dr Jovan Stepanović, Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet,  
Leskovac

Naslov:

ISTRAŽIVANJE UTICAJA KVALITATIVNIH KARAKTERISTIKA  
TKANINA NA TERMOFIZIOLOŠKA SVOJSTVA ODEĆE

Rezime:

Proizvodnja odeće, koja ima dobru toplotnu udobnost, danas je veliki izazov za mnoge proizvođače različitih tekstilnih struktura. Inženjeri se naročito suočavaju sa poteškoćama u razvoju odeće za određene namene, pre svega zbog zahtevanih specijalnih svojstava materijala.

Naučno istraživanje, sprovedeno u disertaciji, izvršeno je radi utvrđivanja veze između parametara pojedinih tekstilnih struktura i osećaja toplotne udobnosti odevnih predmeta izrađenih od istih, što je podrazumevalo interdisciplinarnan pristup, odnosno njegovo uporedno istraživanje u više naučnih oblasti: tehnologije proizvodnje vlakana, tehnologije pređenja, tehnologije tkanja, oplemenjivanja tekstila laminiranjem i naslojavanjem, ispitivanja tekstila i termofiziologije.

Sagledavane su korelacije između osećaja udobnosti i performansi vlakana, pređa, tkanina i složenih tekstilnih struktura kao i uslova okoline. Ispitivanje je obuhvatilo veliki broj uzoraka i to: pamučnih i poliestarskih vlakana, PES i Co pređe, tkanina izrađenih od mešavina Co/PES i laminiranih i naslojenih struktura, čija je osnovna tkanina 100 % PES.

Ispitivan je veliki broj parametara koji utiču na određena termofiziološka svojstva udobnosti i to: fizičko-mehaničke karakteristike (vlakana, pređa, sirovih i tkanina oplemenjenih bojenjem, laminiranjem i naslojavanjem) i različiti uslovi okoline (temperatura, relativna vlažnost i brzina strujanja vazduha). Takođe, ispitivane su i promene termofizioloških svojstava nastale tokom održavanja, odnosno pranja odeće i subjektivni osećaj termofizioloških svojstava odeće na ispitanicima. Ispitivanjima na

Rezime:

ispitanicima prethodila je priprema, koja je obuhvatala pripremu anketa, pronalaženje potencijalnih ispitanika i odabir ispitanika. Zatim je sprovedeno njihovo anketiranje, subjektivno ocenjivanje i statistička obrada anketa.

Obzirom da ispitanici mogu imati različitu dielektričnu konstantu kože, odnosno masnoću, debljinu i maljavost i da je statički elektricitet različit kod masne i suve kože, kosmatog i nekosmatog dela kože, za ispitivanja su birani ispitanici čiji je karakter kože bio isti. Istu odeću su nosile različite osobe sa različitim osećajem, odnosno termofiziološkim dejstvom.

Dobijeni rezultati pokazali su da određena svojstva vlakana i pređa u većoj meri utiču na promenu vrednosti otpora prolazu vodene pare ( $R_{et}$ ) i toplotne otpornosti ( $R_{ct}$ ) tekstilnih struktura. Rezultati subjektivnog ocenjivanja primenjeni su u definisanju toplotne udobnosti proizvoda. Rezultati ispitivanja pojedinih parametara nisu posmatrani izolovano, nego kroz međusobnu povezanost karakteristika. Poređenjem rezultata dobijenih subjektivnom metodom ocenjivanja udobnosti odevnih predmeta sa rezultatima merenja termofizioloških svojstava tkanina od kojih su bili odevni predmeti izrađeni, ukazalo je na podudaranje i međusobnu povezanost rezultata. Deo rezultata sprovedenih ispitivanja upotrebljen je za razvoj matematičkog modela za predviđanje promena termofiziološke udobnosti pojedinih tekstilnih struktura pri upotrebi, odnosno održavanju.

Sprovedeno istraživanje omogućilo je definisanje, opis i klasifikaciju elemenata povezanosti termofizioloških svojstava odevnog predmeta sa parametrima tekstilnih materijala primenjenih za njegovu izradu, na osnovu kojih se mogu predvideti parametri udobnosti sličnih tekstilnih struktura i upotrebnost svojstva proizvoda izrađenih od istih za određenu namenu.

Naučna oblast:

Tehnološko inženjerstvo

Naučna disciplina: Materijali i hemijske tehnologije

Ključne reči: Tekstilni materijali, Termofiziološka svojstva odeće, Toplotni komfor, Subjektivni osećaj toplotnog komfora

UDK: 687.1:677.017

CERIF  
Klasifikacija: T 470 Tekstilna tehnologija

Tip licence  
kreativne zajednice: CC BY-NC-ND

## Data on Doctoral Dissertation

Doctoral  
Supervisor:

**Prof. Jovan Stepanović**, PhD, University of Niš, Faculty of Technology,  
Leskovac

Title:

IMPACT EXAMINATION OF THE FABRIC QUALITATIVE  
CHARACTERISTICS ON THE CLOTHING  
THERMOPHYSIOLOGICAL PROPERTIES

Abstract:

Production of clothing, that has good thermal comfort, today is a great challenge for many manufacturers of different textile structures. Engineers are faced with special difficulties in developing clothing for certain purposes, primarily because of the required special properties of material.

Scientific research, performed in the dissertation, was performed in order to determine the correlation between the parameters of certain textile structures and a sense of clothing thermophysiological properties, which included an interdisciplinary approach, respectively its research at the same time in several scientific areas: fiber production technology, spinning technology, weaving technology, textile finishing with lamination and coating, textile testing and thermophysiology.

Viewed simply as the correlation between feelings of comfort and the parameters of fibers, yarns, fabrics and complex structures of textiles and ambient conditions. The research included examination of a large number of samples, such as: cotton and polyester fibers, PES and Cotton yarns, fabrics made from a mixture of Co / PES and laminated and coated structures, whose main fabric was 100 % PES.

A large number of parameters, that affect certain properties of thermophysiological properties of comfortability woven structure, such as: physical and mechanical characteristics for fiber, yarn, raw fabrics and dyed laminated and coated fabrics and different conditions of ambient (temperature, relative humidity and air velocity), was tested. Also, the

Abstract:

changes of thermophysiological properties incurred during care of clothes, respectively after clothes washing and subjective perception of clothing thermo physiological properties on subjects were tested. Before testing on subjects, a prior preparation was carried out, which included the preparation of the questionnaire, finding and selection of participants. Then performed the questionnaire filling out, subjective evaluation and statistical analysis of the questionnaire.

Considering that subjects could have different dielectric constant of the skin, respectively greasiness, thickness and hairiness, and that static electricity is different for greasy and dry skin, and hairy or hairless part of the skin, subjects with same skin characteristics were chosen for examinations. The same clothes worn by different persons and they had different feeling, respectively thermophysiological impact.

The results showed that certain properties of fibers and yarns have more influence on the change in the values of water vapor resistance ( $R_{et}$ ) and thermal resistance ( $R_{ct}$ ) of the textil structures. Results of subjective evaluation used to define the thermal comfort of products. The test results of some parameters are not viewed individually, but through the interconnectedness of characteristics. Comparison of the results obtained by subjective evaluation method of the clothing comfort with the results of thermo physiological properties of fabrics from which clothing were made pointed to the interconnection and matching results. Some results of the performed tests were used to develop a mathematical model to predict the comfort of some textile structures during use, respectively care.

Implemented research enabled the definition, description and classification of the elements of the correlation between the thermo physiological properties of the garment and the parameters of textile materials applied for its productions, on the basis of which can be predicted parameters of comfort similar textile structures and use properties of products for a specific purpose, made from these textile structure.

Scientific  
Field:  
Scientific  
Discipline:

Technology engineering

Materials and Chemical Technology

Key words:

Textile materials, Thermophysiological Properties of clothes,  
Thermal comfort, Subjective feeling of thermal comfort

UDC:

687.1:677.017

CERIF  
Classification:

T 470 Textiles technology

Creative  
Common  
License Type:

CC BY-NC-ND



Ova disertacija urađena je pod rukovodstvom profesora dr Jovana Stepanovića, kome želim da se zahvalim kako za izbor teme, tako i za dragocenu pomoć i korisne sugestije u toku izrade disertacije.

Veliku zahvalnost dugujem kolegama iz CIS Instituta, koji su mi pomogli pri ispitivanju velikog broja uzoraka, kao i predstavnicima firmi: Holding kompanija “Yumco” iz Vranja i “Poltex” doo iz Beograda, koje su mi obezbedile uzorke za ispitivanja. Takođe, veliku zahvalnost dugujem dr Staniši Stojiljkoviću, redovnom profesoru na Tehnološkom fakultetu u Leskovcu, kao i kolegici dr Branislavi Lazić, profesoru strukovnih studija na DTM Beograd, za pruženu pomoć tokom izrade disertacije.

Posebnu zahvalnost dugujem svojoj porodici za beskrajnu ljubav, strpljenje, razumevanje i podršku.

## SIMBOLI I SKRAĆENICE

$A_{cov}$	Površina tela prekrivena odevnim predmetom, ( $m^2$ )
$A_D$	Površina golog tela, ( $m^2$ )
$A_{Du}$	Površina ljudskog tela prema Dubois-u, ( $m^2$ )
$C$	Prenos toplote konvekcijom po jedinici površine tela, ( $W/m^2$ )
$C_{res}$	Razmena toplote putem konvekcije kroz respiratorni trakt, ( $W/m^2$ )
$C+R+ E_{sk}$	Gubitak toplote kroz kožu, ( $W/m^2$ )
$dt_{sk}$	Indeks otpornosti provođenju toplote odeće izveden iz srednje temperature kože ispitanika kada su obučeni i nagi, ( $^{\circ}C$ )
$E$	Pprenos toplote isparavanjem po jedinici površine tela, ( $W/m^2$ )
$E_{dif}$	Gubitak toplote isparavanjem sa kože difuzijom vlage, ( $W/m^2$ )
$E_{re}$	Gubitak toplote latentnim disanjem, ( $W/m^2$ )
$E_{res}$	Prenos toplote isparavanjem disanjem, ( $W/m^2$ )
$E_{rsw}$	Gubitka toplote isparavanjem sa kože znojenjem, ( $W/m^2$ )
$E_{sk}$	Ukupni gubitaka toplote isparavanjem sa kože, ( $W/m^2$ )
$E_{sw}$	Gubitak toplote sa površine kože isparavanjem znoja, ( $W/m^2$ )
$F_i$	Količina vodene pare koju apsorbuje uzorak materijala u toku izlaganja od jednog sata na modelu kože (standardna vlažna ravna ploča - indeks prenosa vlage), (%)
$H$	Proizvodnja toplote u ljudskom telu, ( $W/m^2$ )
$H_b$	Visina tela, (m)
$i$	Odevni slojevi, (komad)
$i_a$	Odnos propustljivosti pare sloja vazduha, (bezdimezionna veličina)
$i_{cl}$	Odnos propustljivosti pare odeće, (bezdimezionna veličina)
$i_m$	Woodcock-ov indeks propustljivosti vlage, (bezdimezionna veličina)
$i_{mt}$	Indeks propusnosti vodene pare, (bezdimezionna veličina)
$I_a$	Otpor provođenju toplote graničnog sloja na goloj osobi - na koži, (Clo; $m^2K/W$ )
$I_{cl}$	Otpor provođenju toplote odevne kombinacije, (Clo; $m^2K/W$ )
$I_{clu}$	Otpor provođenju toplote, (Clo; $m^2K/W$ )
$I_{clu.i}$	Otpor provođenju toplote, na odevnim slojevima, (Clo; $m^2K/W$ )
$I_{ecl}$	Otpor odeće pri prenosu vodene pare, (Clo; $m^2K/W$ )

K	Prenos toplote putem kondukcije, ( $W/m^2$ )
$L_o$	Termičko opterećenje, ( $W/m^2$ )
M	Metabolički stvorena toplota, ( $W/m^2$ )
M-W	Toplota koju proizvodi ljudsko telo, ( $W/m^2$ )
$Q_{res}$	Ukupna gubitak toplote disanjem, ( $W/m^2$ )
$Q_{sk}$	Ukupni gubitak toplote kroz kožu, ( $W/m^2$ )
R	Prenos toplote radiacijom sa površine odeće, ( $W/m^2$ )
$R_{ct}$	Toplotna otpornost, ( $m^2K/W$ )
$R_{et}$	Otpornost prolazu vodene pare, ( $m^2Pa/W$ )
RH	Vlažnost vazduha, (%)
(R + C)	Gubitak toplote koji se oseća, ( $W/m^2$ )
S	Uskladištena toplota u telu, ( $W/m^2$ )
$t_a$	Temperatura vazduha, ( $^{\circ}C$ )
$t_r$	Srednja temperatura zračenja, ( $^{\circ}C$ )
W	Mehanički rad, ( $W/m^2$ )
$W_b$	Masa tela, (kg)
v	Brzina kretanja vazduha, (m/s)
$\sum_i$	Zbir odevnih slojeva, (komad)
KSU	Kansas State University
PPD	Procentualno učešće nezadovoljnih osoba
PPN	Predviđeno procentualno učešće nezadovoljnih osoba
PSVI	Predviđena srednja vrednost izbora
PTFE	Polytetrafluoroethylene
ST1	Srednje vrednosti izbora komfora

## SADRŽAJ

<b>I UVOD</b> .....	<b>18</b>
<b>1. PREGLED PRETHODNIH ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>20</b>
<b>2. TOK IZRADE DISERTACIJE</b> .....	<b>25</b>
<b>3. STRUKTURA DISERTACIJE</b> .....	<b>26</b>
<b>II METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>27</b>
<b>1. PREDMET ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>27</b>
<b>2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>28</b>
<b>III TEORIJSKI DEO</b> .....	<b>29</b>
<b>1. TEKSTILNI MATERIJALI ZA IZRADU ODEĆE</b> .....	<b>29</b>
<b>1.1. Svojstva pojedinih tekstilnih materijala primenjenih u radu</b> .....	<b>31</b>
<b>1.1.1. Pamuk (Co)</b> .....	<b>31</b>
<b>1.1.2. Poliestar (PES)</b> .....	<b>33</b>
<b>1.1.3. Mešavine pamuk/poliestar</b> .....	<b>34</b>
<b>2. VODOOTPORNOST TEKSTILNIH MATERIJALA I PRENOS VODENE PARE KROZ NJIH</b> .....	<b>34</b>
<b>2.1. Vodootpornost</b> .....	<b>35</b>
<b>2.2. Prenos vodene pare</b> .....	<b>36</b>
<b>3. ČOVEK U TOPLOTNOM OKRUŽENJU I TERMALNA FIZIOLOGIJA ČOVEKA</b> .....	<b>40</b>
<b>4. TOPLOTNA SVOJSTVA ODEĆE</b> .....	<b>42</b>
<b>4.1. Termički modeli odeće</b> .....	<b>42</b>
<b>4.2. Određivanje toplotnih svojstava odeće</b> .....	<b>46</b>
<b>4.3. Testiranje toplotnih svojstava odeće na korisnicima</b> .....	<b>48</b>
<b>4.4. Dizajn funkcionalne odeće</b> .....	<b>50</b>
<b>4.5. Toplotni komfor</b> .....	<b>54</b>
<b>4.5.1. Balans toplote</b> .....	<b>55</b>
<b>4.6. Predviđanje srednje vrednosti ocene komfora i predviđanje procentualnog učešća nezadovoljnih osoba</b> .....	<b>57</b>
<b>IV EKSPERIMENTALNI DEO</b> .....	<b>59</b>
<b>1. KARAKTERISTIKE ISPITIVANIH MATERIJALA</b> .....	<b>59</b>
<b>2. METODE ISPITIVANJA</b> .....	<b>61</b>

2.1. Subjektivno ocenjivanje parametara udobnosti odevnih predmeta pomoću ocenjivača.....	61
2.2. Afektivna procena za subjektivno ocenjivanje.....	63
2.3. Matematički model zavisnosti Ret i Rct vrednosti od broja ciklusa pranja.....	64
<b>3. REZULTATI ISPITIVANJA.....</b>	<b>66</b>
<b>3.1. REZULTATI ISPITIVANJA VLAKANA I STRUKTURNIH PARAMETARA TKANINA.....</b>	<b>66</b>
3.1.1. Karakteristike pamučnih i polestarskih vlakana.....	66
3.1.2. Karakteristike PES filamentne i Co/PES pređa.....	68
3.1.3. Rezultati ispitivanja fizičko-mehaničkih i hemijskih parametara tkanina izrađenih od mešavine Co/PES.....	71
3.1.3.1. Pregled fizičko-mehaničkih i hemijskih karaktetistika tkanina izrađenih od mešavine Co/PES (uzorci 1-11).....	71
3.1.3.2. Prikaz karakteristika tkanina iz mešavine Co/PES tokom različitog broja pranja.....	72
3.1.4. Prepletaji tkanina izrađenih od mešavine Co/PES.....	78
3.1.5. Pregled fizičko-mehaničkih i hemijskih karakteristika uzoraka izrađenih od 100 % PES i naslojenih različitim materijalima.....	81
3.1.5.1. Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika uzoraka 12-15 tokom različitog broja pranja.....	82
3.1.5.2. Izgled uzoraka izrađenih od 100 % PES.....	85
3.1.6. Pregled karakteristika nelepljive međupostave izrađene od 100 % PES ...	86
3.1.6.1. Prepletaj nelepljive međupostave.....	86
<b>3.2. REZULTATI ISPITIVANJA OTPORNOSTI TKANINA PROLAZU TOPLOTE I VODENE PARE.....</b>	<b>87</b>
3.2.1. Rezultati ispitivanja termofizioloških parametara tkanina izrađenih od mešavine Co/PES.....	87
3.2.2. Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanina (uzorci 1-11) pri 50 ciklusa pranja.....	88
3.2.2.1. Prikaz rezultata Ret vrednosti pri 50 ciklusa pranja.....	94
3.2.2.2. Prikaz promena Rct vrednosti pri 50 ciklusa pranja.....	97

3.2.2.3. Prikaz promena vrednosti propustljivosti vazduha pri 50 ciklusa pranja.....	100
3.2.2.4. Uticaj promene relativne vlaznosti vazduha iznad merne ploče na Rct vrednosti tkanina izrađene od mešavine Co/PES.....	101
3.2.2.5. Uticaj promene temperature iznad merne ploče na Rct vrednosti tkanina izrađene od mešavine Co/PES.....	102
3.2.2.6. Uticaj promene relativne vlaznosti vazduha iznad merne ploče na Ret vrednosti tkanina izrađene od mešavine Co/PES.....	103
3.2.2.7. Uticaj promene temperature iznad merne ploče na Ret vrednosti tkanina izrađene od mešavine Co/PES.....	104
3.2.2.8. Uticaj promene brzine strujanja vazduha iznad merne ploče na Ret vrednosti tkanina izrađene od mešavine Co/PES.....	105
3.2.3. Rezultati ispitivanja termofizioloških parametara laminiranih uzoraka izrađenih od 100 % PES.....	106
3.2.4. Prikaz termofizioloških karakteristika uzoraka 12-15 pri 50 ciklusa pranja.....	107
3.2.4.1. Prikaz rezultata vrednosti Ret pri 50 ciklusa pranja.....	111
3.2.4.2. Prikaz rezultata vrednosti Rct u zavisnosti od broja pranja tkanine..	113
3.2.4.3. Promena vrednosti vodonepropustljivosti u zavisnosti od broja pranja tkanine.....	115
3.2.4.4. Prikaz rezultata propustljivosti vazduha u zavisnosti od broja pranja tkanine.....	115
3.2.4.5. Uticaj promene relativne vlaznosti vazduha iznad merne ploče na Rct vrednosti PES uzoraka.....	116
3.2.4.6. Uticaj promene temperature iznad merne ploče na Rct vrednosti uzoraka 12-15.....	116
3.2.4.7. Uticaj promene relativne vlaznosti vazduha iznad merne ploče na Ret vrednosti uzoraka 12-15.....	117
3.2.4.8. Uticaj promene temperature iznad merne ploče na Ret vrednosti uzoraka 12-15.....	117
3.2.4.9. Uticaj promene brzine strujanja vazduha iznad merne ploče na Ret vrednosti uzoraka 12-15.....	118

3.2.5. Rezultati ispitivanja termofizioloških parametara nelepljive međupostave.....	118
<b>3.3. REZULTATI ISPITIVANJA TERMOFIZIOLOŠKE UDOBNOSTI ODEVNIH PREDMETA.....</b>	<b>119</b>
3.3.1. Rezultati merenja termofizioloških karakteristika (vrednosti Ret i Rct) na sendvič uzorcima.....	119
3.3.2. Subjektivno ocenjivanje udobnosti odevnih predmeta.....	120
<b>4. DISKUSIJA REZULTATA.....</b>	<b>125</b>
<b>4.1. FIZIČKO-MEHANIČKE KARAKTERISTIKE TKANINA.....</b>	<b>125</b>
4.1.1. Poređenje karakteristika pamučnih i poliestarskih vlakana.....	125
4.1.2. Poređenje karakteristika PES filamtne i Co/PES pređa.....	127
4.1.2.1. Karakteristike PES filamentne pređe.....	127
4.1.2.2. Karakteristike Co/PES pređe.....	128
4.1.3. Praćenje promena karakteristika tkanine (uzorci 1-11) tokom različitog broja pranja.....	130
4.1.4. Praćenje promene karakteristika tkanina izrađenih od 100 % PES i naslojenih različitim materijalima.....	132
4.1.5. Praćenje promena karakteristika tkanine uzorci 12-15 tokom različitog broja pranja.....	133
4.1.6. Karakteristike nelepljive međupostave.....	136
<b>4.2. OTPORNOST TKANINA PROLAZU TOPLOTE I VODENE PARE.....</b>	<b>137</b>
4.2.1. Praćenje termofizioloških karakteristika tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES.....	137
4.2.2. Praćenje promena karakteristika tkanine uzorci 1-11 tokom različitog broja pranja.....	140
4.2.3. Funkcionalna zavisnost promene Ret veličine (uzorci 1-11) u zavisnosti od broja pranja.....	142
4.2.4. Funkcionalna zavisnost promene Rct veličine (uzorci 1-11) u zavisnosti od broja pranja.....	144
4.2.5. Praćenje promene relativne vlaznosti vazduha iznad merne ploče i uticaj na Rct vrednosti tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES.....	145

4.2.6. Praćenje promene temperature iznad merne ploče i uticaj na Rct vrednosti tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES.....	146
4.2.7. Praćenje promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče i uticaj na Ret vrednosti tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES.....	147
4.2.8. Praćenje promene temperature iznad merne ploče i uticaj na Ret vrednosti tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES.....	148
4.2.9. Praćenje brzine strujanja vazduha iznad merne ploče i uticaj na Ret vrednosti tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES.....	149
4.2.10. Praćenje termofizioloških karakteristika uzoraka izrađenih od 100 % PES i naslojene različitim materijalima.....	150
4.2.11. Praćenje promena termofizioloških karakteristika uzoraka 12-15 tokom pranja.....	153
4.2.12. Funkcionalna zavisnost promene Ret veličine (uzorci 12-15) u zavisnosti od broja pranja.....	156
4.2.13. Funkcionalna zavisnost promene Rct veličine (uzorci 12-15) u zavisnosti od broja pranja.....	157
4.2.14. Uticaj promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče na Rct vrednosti uzoraka naslojenim različitim materijalima (uzorci 12-15).....	158
4.2.15. Praćenje promene temperature iznad merne ploče i uticaj na Rct vrednosti uzoraka naslojenih različitim materijalima (uzorci 12-15).....	159
4.2.16. Praćenje promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče i uticaj na Ret vrednosti uzoraka naslojenih različitim materijalima (uzorci 12-15).	160
4.2.17. Praćenje promene temperature iznad merne ploče i uticaj na Ret vrednosti uzoraka naslojenih različitim materijalima (uzorci 12-15).....	161
4.2.18. Praćenje promene brzine strujanja vazduha iznad merne ploče i uticaj na Ret vrednosti uzoraka naslojenih različitim materijalima (uzorci 12-15).	162
<b>4.3. DISKUSIJA REZULTATA ISPITIVANJA TERMOFIZIOLOŠKE</b>	
<b>UDOBNOSTI .....</b>	<b>163</b>
4.3.1. Subjektivno ocenjivanje udobnosti pojedinačnih odevnih predmeta.....	163
4.3.2. Subjektivno ocenjivanje udobnosti odevnih kombinacija.....	166
4.3.3. Diskusija rezultata ispitivanja otpora prolazu toplote i vodene pare odevnih kombinacija.....	171



<b>V ZAKLJUČAK .....</b>	<b>178</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>180</b>
<b>PRILOZI .....</b>	<b>191</b>
<b>Prilog 1 - Medicinski upitnik .....</b>	<b>191</b>
<b>Prilog 2 - Anketa za komplet (košulju i pantalone) .....</b>	<b>192</b>
<b>Prilog 3 - Anketa za jaknu .....</b>	<b>193</b>
<b>Biografija autora .....</b>	<b>194</b>

# I UVOD

Preko sedam milijardi stanovnika naše planete naseljava različita klimatska podneblja i izloženo je različitim klimatskim uticajima. Veliki značaj u savladavanju i lakšem podnošenju tih uticaja imaju tekstilni materijali u različitim oblastima primene, kako za tehničke namene, tako i u oblasti konvencionalnog, a pre svega odevnog tekstila.

Čovek se smatra veoma složenim termofiziološkim sistemom. Anatomija i fiziologija čoveka usklađeni su sa životom u umerenom i toplom okruženju, u kome ljudsko telo može vršiti funkciju regulacije telesne temperature. Prilikom vežbanja i izlaganja toploti, ljudsko telo se obilno znoji kako bi se ohladilo, pri čemu dolazi do prilagođavanja telesne temperature kroz promene u cirkulaciji krvi. Kada je okruženje blago hladno smanjuje se protok krvi ka ekstremitetima i koži i tada izolacioni masni sloj tela služi za održavanje telesne temperature. Drhtanjem se može povećati proizvodnja toplote u telu, a piloerekcijom (guščja koža koja se javlja kada je čoveku hladno ili je uplašen) može se stvoriti mali izolacioni vazdušni sloj oko kože. Međutim, kada temperatura okoline dalje opada, ljudsko telo ne može samo da održava telesnu temperaturu duži period bez prilagođavanja ponašanja, koje uključuje nošenje odgovarajuće odeće, boravak u zaklonjenom prostoru i/ili zagrevanje mesta boravka. U ovom kontekstu, odeća je pružila ljudima širi izbor prebivališta širom planete i imala pozitivne uticaje na razvoj čovečanstva.

Odeća se nosi iz različitih razloga: funkcionalni aspekti (zaštita od različitih vrsta opasnosti – zaštita od vremenskih neprilika / toplotna izolacija / zaštita od vetra i kiše, zaštita od povređivanja itd.), komfor (udobnost), kulturni aspekti / poštovanje društvenih normi, estetika itd. Pored toga što pomaže da se održava telesna temperatura, odeća pomaže da nosilac odeće bude suv i da mu je udobno, apsorbujući znoj i druge telesne tečnosti, ali i štiteći od vremenskih nepogoda. Mnoge odevne tkanine su mekane na dodir, paperjaste i tople, ili suprotno, glatke i rashlađujuće i daju dobar osećaj koži, ukoliko je njihova primena prilagođena vremenskim uslovima.

Kada funkcija odeće nije samo zaštita od toplote ili hladnoće, može se pojaviti konflikt između zaštitne funkcije odeće i termalne funkcije tela. Ovaj konflikt utiče na neudobnost koja

može voditi fizičkom naprezanju, a u ekstremnim slučajevima može dovesti do pojave ozleda od visokih ili niskih temperatura ili oboljevanja.

U cilju razumevanja ovih relacija i eliminisanja / smanjenja navedenih rizika, veliki broj naučnika detaljno je izučavao proces regulacije telesne temperature i razmene toplote između ljudskog tela i okruženja [1]. Udobnost je stanje uma na koje utiču fizički, fiziološki i psihološki faktori. Termalna udobnost je kompleksan osećaj, koji integriše različite senzorne impute. Senzori u koži registruju temperaturu, temperaturne promene se određenom brzinom prenose do mozga, a rezultat je temperaturni osećaj. Pored toga, telo manifestuje osećaj vlage preko osećaja za povećanu brzinu hlađenja mokre kože – telo registruje promenu dodirnim sensorima, koji detektuju osećaj slivanja znojnih kapi niz kožu. Oba ova osećaja se mogu posmatrati kao pokretačka sila promene ponašanja u cilju termoregulacije.

Odeća može drastično pojačati osećaj vlažnosti. Kada je koža mokra, počinje da vlaži odeću, koja zatim postaje lepljiva, a taj odnos između odeće i kože izaziva snažan osećaj neudobnosti. Naime, pri pokretima tela, odeća se pomera od i ka koži. Kada se pomera od kože, nastaje isparavanje vlage i odeća se hladi, što pri dodiru odeće i kože izaziva hladan osećaj, koji se interpretira kao vlažnost. Na ove aspekte se može uticati izborom materijala i dizajnom odeće [2].

Istraživanje sprovedeno u ovoj disertaciji omogućilo je definisanje, opis i klasifikaciju elemenata povezanosti termofizioloških svojstava odevnog predmeta sa parametrima tekstilnih materijala primenjenih za njegovu izradu, na osnovu kojih se mogu predvideti parametri udobnosti sličnih tekstilnih struktura i upotrebna svojstva proizvoda izrađenih od istih za određenu namenu.

# 1. PREGLED PRETHODNIH ISTRAŽIVANJA

Pretraživanjem baza podataka i radova objavljenih u relevantnim časopisima iz oblasti tekstila, fiziologije odevanja i ergonomije, uočava se nedostatak studija koje obuhvataju sve fizičko-mehaničke, kao i termofiziološke karakteristike odevnog predmeta izrađenog od različitih tekstilnih struktura, a koji utiču na termofiziološku udobnost tekstila.

Iz dostupne literature proizilazi da postoje dva osnovna pristupa istraživanju termofiziološke udobnosti tkanina i to: pristup sa aspekta fiziologa i pristup sa aspekta tekstilnih stručnjaka. Prvi pristup istraživanjima naglašava čoveka, a odeću posmatra kao jednu od promenljivih koja utiče na ocenu ukupne udobnosti. S druge strane, tekstilni stručnjaci naglašavaju tekstilnu strukturu ili konstrukciju odevnog predmeta, pa istraživanja vrše bez prisustva čoveka kao ispitanika.

Može se reći da je termički komfor fundamentalan za ljudski opstanak i stoga je oduvek bio predmet razmatranja čak i u uslovima odsustva kontrolisanog istraživanja i objavljivanja rezultata. Ljudi su oduvek prilagođavali svoju odeću uslovima okoline i aktivnostima. Svoj položaj regulisali su u odnosu na izvore toplote (veštačke ili prirodne). Tražili su ili gradili sklonište, kako bi se zaštitili od vrućine i zime i time zadovoljili svoje potrebe.

U poslednjih trideset godina u svetu su sprovedena intenzivna istraživanja u oblasti fiziologije odevanja. Dominiraju istraživanja u oblasti fenomena prenosa toplote i vlage kroz tekstilne materijale. Sledi proučavanje uticaja strukture vlakana i tekstilnih materijala na ove fenomene prenosa. Cilj istraživanja bila je proizvodnja odeće optimalnih svojstava za različite namene, odnosno primene u različitim uslovima okruženja i aktivnostima nosioca odeće. Brojna istraživanja bila su sprovedena i u oblasti modne industrije. Proučavanje fenomena prenosa toplote i vlage kroz tekstilne materijale doprinelo je, takođe, osvajanju novih proizvoda iz grupe tehničkog tekstila, posebno tekstila za razne oblike zaštite ljudi i materijalnih dobara. Ova istraživanja su rezultirala velikim brojem naučnih radova i monografija, posebno u poslednjih nekoliko godina.

Tako, Burton i Edholm opisuju provođenje toplote kroz tkiva i određivanje stepena vazodilatacije [3]. Unutrašnja (ili osnovna) izolacija odeće je svojstvo same odeće i predstavlja

otpor provođenju toplote između kože i površine odeće. Otpor provođenju toplote odeće je recipročan toplotnoj provodljivosti odeće. Gaggeov tim naučnika prvi je predložio  $Clo$  jedinicu, koja predstavlja termičku izolaciju (otpor provođenju toplote) koja je udobna čoveku u sedećem položaju na temperaturi od 21 °C [4].

Da sredina ima savršenu provodljivost, tj. da nema otpora, temperatura površine odeće bi se izjednačila sa temperaturom sredine. Međutim, sredina pruža značajan termički otpor u zavisnosti od toga kako uslovi sredine utiču na prenos toplote – uglavnom konvekcijom ( $C$ ) i radijacijom ( $R$ ). Za telo koje ima odeću na sebi McCullough i Jones su izračunali da se površina za prenos toplote povećava u zavisnosti od debljine sloja odeće [5]. Za ova merenja, najnoviji sistemi uključuju kompjuterske antropometrijske skenere [6]. Prosek se zasniva na vrednosti unutrašnje izolacije odeće. McCullough i Jones daju jednačinu kao grubu procenu odevnih kombinacija koje se nose u unutrašnjem prostoru [5].

Potpuna izolacija odeće je kombinacija izolacije koju pruža odeća i okolni sloj vazduha [7]. Oohori sa svojim inženjerima opisuje vezu između tri odnosa propustljivosti pare  $i_a$ ,  $i_{cl}$ , i  $i_m$  [8]. Koeficijent provođenja toplote odevnih materijala može se meriti na standardnoj opremi, koja uključuje standardne ravne ploče i cilindre. Uzorak materijala se postavi na opremu i meri se protok toplote ili temperatura, tako da se može izračunati koeficijent provođenja toplote. Sofisticiraniji metodi ispitivanja termofizioloških osobina ljudskog tela uključuju i modele (lutke) koji se zagrevaju, provođenjem toplote kroz model slično provođenju kroz ljudsko telo [5, 9, 10, 11, 12].

Uloga lutki u razvoju odeće sve više postaje ključni deo dizajna i ocene odeće. Iako su još uvek specijalizovane i skupe, mnoge zemlje u svetu imaju centre za testiranja na lutkama. Koeficijenti provođenja toplote određeni su za mnoge tipove odeće testiranjem na termičkim lutkama, odakle su proistekle i baze podataka [5, 13, 14].

Olesen i Dukes-Dubos otkrili su da, primenjujući  $Clo$  vrednosti za odevne predmete, dobijaju realnu procenu  $I_{cl}$  vrednosti odevne kombinacije [14]. Ovo je različito od ostalih metoda gde su jednostavne jednačine korišćene za ocenu koeficijenta provođenja toplote odevnih kombinacija iz vrednosti pojedinačnih odevnih predmeta [15].

Razlika temperatura između kože i spoljne površine predstavlja uzrok zbog koga dolazi do gubitka toplote. Znoj isparava sa kože i prenosi se kroz odeću u okolinu. S obzirom da je ljudska koža uvek „vlažna“ u nekom stepenu, uvek postoji protok pare iz vlažnog tkiva ispod

kože ka suvljem vazduhu iznad (difuzija kroz kožu), tako da je od velike važnosti da odeća ima mogućnost isparavanja. Definisano je nekoliko indeksa propustljivosti pare vezanih za odeću [16].

Neki autori smatraju da je uloga odeće da srečava gubitak toplote isparavanjem [9]. Woodcock je predložio indeks propustljivosti ( $i_m$ ) [17].

Neki autori opisuju vezu između tri odnosa provodljivosti  $i_a$ ,  $i_{cl}$ , i  $i_m$  [8]. Pokazuju kako indeksi propustljivosti mogu da doprinesu balansu toplote kod čoveka. Robert Parsons daje parametre koji se koriste za opis odeće [18]. Primenu parametara odeće u jednačinama prenosa toplote pokazuju Oohori i njegovi saradnici [16].

McCullough i Jones definišu otpor provođenju toplote suve odeće [5, 13]. Fanger koristi jednostavan model suve izolacije [19]. Kerslake daje model u kome se latentna toplota isparavanja odvodi iz odeće, a ne i sa kože [9].

Crockfordov tim naučnika je predložio tehniku praćenja gasa za određivanje ventilacionih svojstava odeće [20]. Koristili su modifikovanu tehniku da istraže svojstva ventilacije vodootporne odeće kod ribara. Crockford i Rosenblum proširili su ovu metodu [21], kako bi uključili i merenje zapremine odeće. Sullivan je sa svojim inženjerima to dalje razvijao [22]. To uključuje i potpuno hermetički zatvoreno odelo (što je teško izvesti u praksi) [20, 23, 24, 25].

Lotens i Havenith su dalje razvili tehniku praćenja gasa u sistemu koji ima stalni protok gasa (argon,  $N_2O$ ) i tehniku spektrometrijskog merenja mase [26, 27, 28]. Ovo je dalo podudaranje sa nekim obimnijim metodama [20]. Dalji razvoj predstavlja i rad Reischl-ove grupe naučnika, koji je uključio i lokalno upravljanje praćenja gasa specijalno napravljenim senzorima [29]. Bouskill, Havenith i Zhang su dalje razveli efekte vetra, ljudskog pokreta i više slojeva odeće [30, 31]. Ventilacijom u odeći bavila se i grupa naučnika sa Lumley-em [32].

Postoje brojne studije o ventilacionim svojstvima odeće zasnovane na poređenju svojstava odeće koju nose nepokretne lutke (i ljudi) i svojstava odeće na lutkama (ljudima) kada hodaju i na vetru. McCullough i Hong istraživali su promene koeficijenta provođenja toplote tipične odeće za zatvoren prostor na nepokretnoj i pokretnoj lutki (bez vetra) [33].

Kerslake je razmatrao neke praktične efekte tremičkih svojstava [9]. Zapazio je da izolaciju pružaju same tkanine kao i vazdušni sloj između kože i odeće i slojevi odeće. Izolacija tkanina nastaje uglavnom zbog vazduha koji se nalazi između njih. Lotens opisuje četvoroslojni

model odeće koji se sastoji od donjeg rublja, vazduha, spoljne odeće i okolnog vazdušnog sloja, uključujući i ventilaciju kroz otvore [34, 35]. Vršena je evaluacija modela za efekte apsorpcije vlage, kondenzaciju, polupropustljivost, toplotno zračenje i ventilaciju. Model je povezan sa modelom ljudskog tela i termoregulacijom, kako bi se dobio model „celog tela“ za psihološki odgovor odevenog čoveka [28]. Sličan pristup usvojili su i Thellierovi naučnici [36].

Postoje testovi za specifično određivanje termičkih svojstava odeće, za koje se koriste zagrejjane ravne ploče ili na primer, cilindri da bi se odredile  $I_{cl}$  i  $I_{ccl}$  vrednosti [37, 38, 39].

Goldman predstavlja pet nivoa evaluacije odeće. Metode sa aparatima uključuju nivo 1, fizičku analizu materijala i nivo 2, biofizičku analizu odevnih kombinacija (npr. korišćenje lutki) i predviđeno modelovanje [40, 41]. Nivoi 3, 4 i 5 obuhvataju i ljudske subjekte za kontrolisane testove u klimatizovanoj komori, kontrolisane probe na terenu, kao i evaluaciju terena.

Termičke lutke se danas široko i rutinski koriste za razvoj, testiranje i sertifikaciju odevnih predmeta i odevnih kombinacija [12]. Ove lutke pružaju realističnu simulaciju celog tela i prenosa toplote, omogućavaju merenje 3D prenosa toplote, integrišu gubitke toplote na realističan način i daju brz, pouzdan metod koji je ponovljiv i koji je objektivan za merenje koeficijentata provođenja toplote odeće. Holmér se takođe poziva na međunarodne i evropske standarde u kojima se opisuju metode testiranja na termičkim lutkama [12].

Mecheels i Umbach dali su model koji daje empirijske vrednosti za nivo 1 i 2 sistema. Otkrili su da se merenje fizičkog stanja može koristiti za predviđanje osećaja komfora subjekta, odnosno uslova komfora [42]. Umbach daje psihometrijski dijagram sa koga se može proceniti nivo komfora očitavanjem temperature vazduha i vlažnosti [41].

Primer testiranja svojstava odeće na korisnicima, kako bi se odredila termička svojstva odeće, dao je Parsons [7]. Koristeći model termoregulacije čoveka može se izračunati  $I_{cl}$  vrednost [43].

Muhammad Mushtaq Mangat je sa svojim saradnicima ispitivao termofiziološka svojstva tekstilne strukture koju sačinjava pet različitih tekstilnih materijala [44]. Jiazhen Hel sa saradnicima ispitivali su uticaj višeslojne zaštitne odeće na čoveka u različitim uslovima temperature i vlage [45]. Yanping Liu je sa svojim timom inženjera prikazao efekte strukturnih parametara laminiranih uzoraka na termofiziološka svojstva odeće [46].

Dosadašnja istraživanja u svetu, vezana za predmet rada ove disertacije, i po obimu i po naučnim dostignućima predstavljaju značajan doprinos u oblasti novih materijala i tekstilnog

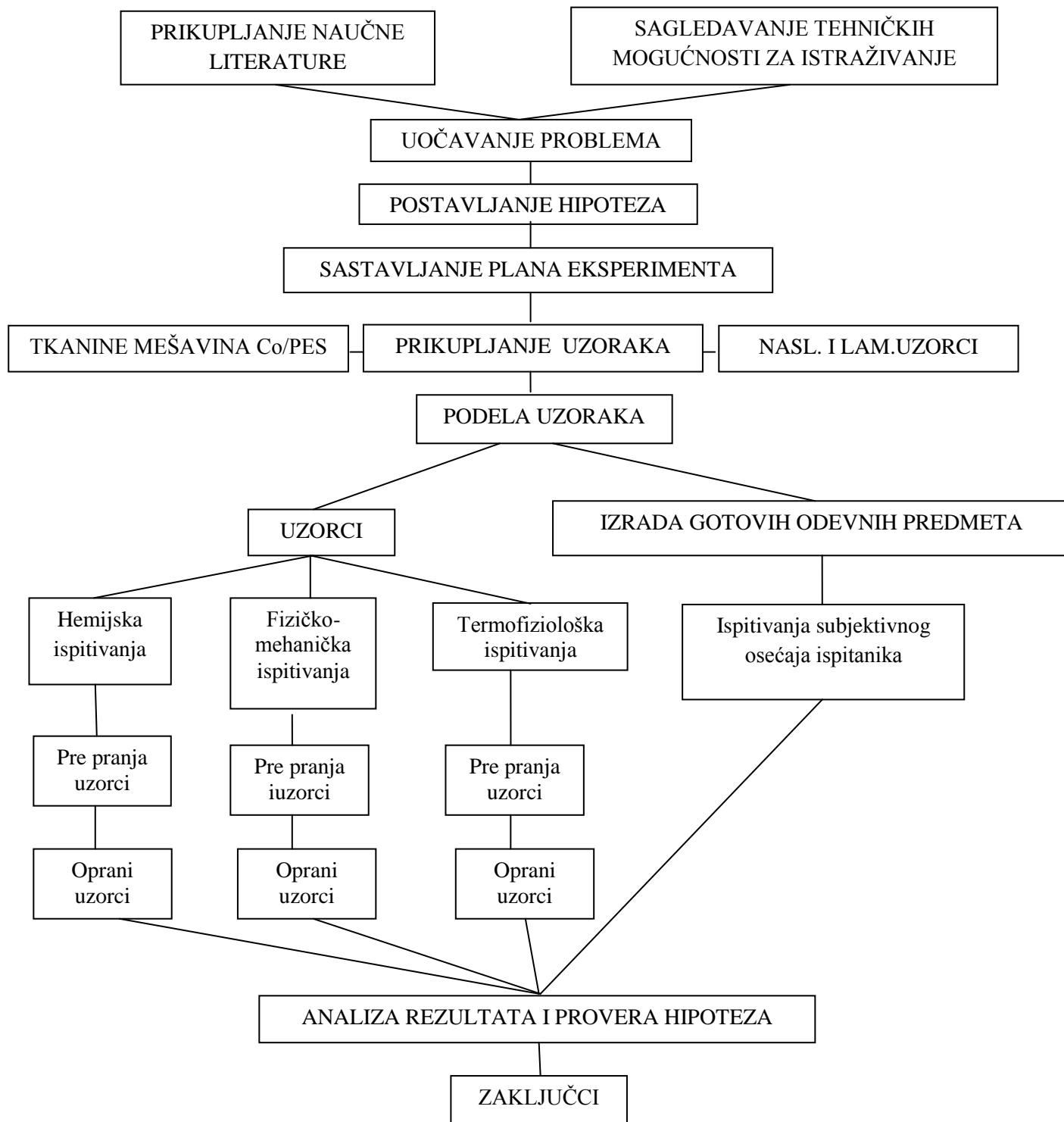
inženjerstva. Istraživanja u okviru ove disertacije, naučni cilj i očekivani rezultati uklapaju se u svetske trendove.

U objavljenim relevantnim referencama nije dovoljno istražena termofiziološka udobnost odevnih kombinacija koje sadrže tri sloja, pri čemu bi prvi sloj tkanina bio od mešavine pamuk/poliestar, drugi PES postava i treći tkanina naslojena/laminirana različitim membranama. Iz tog razloga javila se potreba za istraživanjem termofiziološke udobnosti odevnih predmeta, izrađenih od različitih tekstilnih struktura, pri jednokratnom nošenju, kao i posle upotrebe, odnosno adekvatnog održavanja gotovog proizvoda.



## 2. TOK IZRADE DISERTACIJE

Sa slike 1 mogu se videti svi postupci koji su obuhvatili izradu disertacije.



Slika 1: Prikaz toka izrade doktorske disertacije

### 3. STRUKTURA DISERTACIJE

Doktorska disertacija sastoji se od nekoliko međusobno povezanih celina.

U prvom, uvodnom delu prikazan je pregled prethodnih istraživanja, tok izrade i struktura disertacije.

U drugom delu data je metodologija izrade rada.

U trećem, teorijskom delu prikazane su značajne celine i to: fiziologija čoveka i udobnost, toplota i vlaga u tekstilnom materijalu, udobnost, kao i svojstva tkanina.

U četvrtom, eksperimentalnom delu prikazane su:

- Karakteristike ispitivanih materijala;
- Metode ispitivanja;
- Rezultati ispitivanja i to: karakteristike vlakana, pređa i strukturnih parametara, otpornosti prolazu toplote i vodene pare kao i termofiziološke udobnosti dvodimenzionalnih tekstilnih struktura;

-Diskusija rezultata.

Upoređivanjem dobijenih rezultata izvršena je analiza uticaja karakteristika ispitivanih uzoraka na termofiziološka svojstva odeće. Istražen je veliki broj parametara koji utiču na termofiziološku udobnost tekstilnih struktura i to: sirovine, fizičko-mehanički parametri tkanina, dorada, okolina i telesne aktivnosti. Svi ovi parametri obrađeni su statistički i prikazani tabelarno i grafički. Predložen je matematički model i funkcionalna zavisnost promene termofizioloških svojstava ( $R_{et}$  i  $R_{ct}$ ) od broja pranja u toku upotrebe odevnog predmeta (tkanine).

## II METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

### 1. PREDMET ISTRAŽIVANJA

Udobnost odevnih proizvoda pri nošenju predstavlja jednu od njihovih najvažnijih karakteristika, posebno onih proizvoda koji su u direktnom kontaktu sa kožom. Pri tome, razlikuju se: udobnost pri kontaktu i fiziološka udobnost. Udobnost pri kontaktu uglavnom određuju površinske karakteristike tekstilnog materijala od koga je izrađen odevni predmet, dok je fiziološka udobnost uglavnom određena sposobnošću prenosa toplote i vlage kroz tekstilnu površinu.

Tekstilni materijali formiraju specifičnu mikroklimu na površini ljudskog tela i obezbeđuju toplotnu udobnost pri nošenju. Sve karakteristike odeće, koje utiču na mikroklimu, mogu da se označe kao faktori komfora, a to su:

- toplotna izolacija upotrebljenih tekstilnih materijala,
- propustljivost vlage upotrebljenih tekstilnih materijala,
- toplotna izolacija međuslojeva unutar i ispod odeće,
- propustljivost vlage međuslojeva unutar i ispod odeće,
- provetravanje odeće konvekcijom,
- provetravanje odeće prinudnom konvekcijom za vreme telesnih pokreta,
- refleksija sa odeće, odnosno apsorpcija zračenja odećom.

Obzirom da karakteristike odeće zavise, pre svega, od karakteristika tekstilnih materijala od kojih je izrađena, od posebne važnosti je poznavanje uticaja strukture i svojstava tekstilnih materijala na parametre komfora odeće u cilju projektovanja i proizvodnje tekstilnih materijala željenih svojstava za određenu namenu.

## 2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Cilj ove doktorske disertaciji je doprinos proučavanju uticaja kvalitativnih karakteristika tekstilnih materijala od kojih se izrađuje odeća na termofiziološka svojstva odeće.

Jedna od najvažnijih funkcija odeće je obezbeđenje toplotnog komfora ili termofiziološke udobnosti čovekovom telu. Pravilnim izborom odeće za određene namene, oblast nepovoljnih manifestacija može da se pomera ka višim ili nižim temperaturama. Pri nošenju odeće nastaje kompleksan sistem telo-odeća-okolina, a koncept energetske ravnoteže između tela i okoline postaje znatno složeniji.

Istraživanja su imala za cilj da:

- Prouče fenomene prenosa toplote i vlage u sistemu telo-odeća-okolina;
- Prouče i utvrde fiziološku podobnost kompleta svakodnevne odeće, kao i odeće specijalne namene, preko uticaja sledećih parametara na organizam: vrste i oblika vlakana, finoće vlakana i pređe, strukture pređe i tekstilnih materijala i konstrukcije odevnih predmeta;
- Odrede optimalne karakteristike i funkcionalnost odeće za širi dijapazon zadataka korisnika i vremenskih prilika u cilju poboljšanja životnih i radnih uslova, kao i efikasnosti korisnika;
- Doprinesu projektovanju i poboljšanju tehnologije izrade kompleta svakodnevne odeće i odeće specijalne namene, čiji komfor i funkcionalnost će biti osigurani i kod izraženih klimatskih promena;
- Daju doprinos razvoju kompjuterske simulacije oblikovanja kompleta svakodnevne odeće i odeće specijalne namene i matematičkog planiranja eksperimenta u cilju optimizacije uticajnih faktora u proizvodnji odeće.

### **III TEORIJSKI DEO**

#### **1. TEKSTILNI MATERIJALI ZA IZRADU ODEĆE**

Odelo je samo po sebi složen sistem, sačinjen od niza delova povezanih u jedinstvenu celinu. Odeća štiti ljude od mnogih spoljašnjih uticaja. Ona deluje kao zaštita od loših vremenskih uslova, fizičkog/balističkog povređivanja, delovanja agresivnih ili na bilo koji drugi način štetnih materija, prljanja itd. Odeća smanjuje nivo rizika u toku aktivnosti kao što su rad ili sport.

Ubrzani razvoj tekstilnih tehnologija, uzrokovan, je između ostalog, pronalaskom i proizvodnjom novih vlakana visokih performansi. To je dovelo do povećanja šanse čoveka da preživi i u najsirovijim klimatskim uslovima na planeti, ali i van nje. Tako je počeo razvoj tekstilnih materijala za odeću koja se koristi u svemiru.

Svojstva vlakana i njihovo ponašanje pri preradi, oplemenjivanju, upotrebi i održavanju zavise od njihovog hemijskog sastava, molekulske, nadmolekulske i mikro-strukture [47]. Geometrijska i fizičko-mehanička svojstva vlakana ukazuju na njihov kvalitet i na osnovu njih se određuju parametri njihove prerade. Dužina vlakana je jedno od najvažnijih svojstava vlakana. Od nje zavise parametri pređenja i kvalitet izrađene pređe, odnosno njena ravnomernost i upredenost, a to je u direktnoj vezi sa procesima oplemenjivanja (sposobnost sorpcije i kvašenja) [48]. Finoća vlakna predstavlja odnos mase i dužine vlakna i ima značajan uticaj na sorpciona svojstva vlaknastih materijala. Finoća ima uticaj na stabilnost oblika, na fiziološko ponašanje, opip i izgled odeće. Jačina vlakana predstavlja otpor koji vlakna pružaju prema dejstvu spoljašnjih sila. Razlikuju se: zatezna jačina, jačina na pritisak, jačina na savijanje i jačina na uvijanje. S obzirom na veliki odnos dužine vlakana i poprečnih dimenzija, najznačajnija je zatezna jačina. Prekidna sila u pravcu osnove i potke zavisi između ostalog i od jačine vlakana. Sorpciona i higroskopna svojstva vlakana karakterišu sposobnost vlakana da upijaju i otpuštaju gasovite i tečne supstance i veoma sitne (mikro) čestice čvrstih tela okolne sredine. Sorpcija i desorpcija vodene pare i vode karakterišu higroskopnost vlakana i drugih materijala. Vlažnost je najrasprostranjenije svojstvo higroskopnosti vlakana i vlaknastih materijala.

Karakteristike pređe, s jedne strane, zavise od svojstava vlakana koja je izgrađuju a, s druge, od načina i intenziteta međusobnog povezivanja vlakana u njoj [47]. Različita pređa

poseduju različita fizičko-mehanička i hemijska svojstva. Vrsta pređe, sirovinski sastav, upredenost i njihove fiziko-mehaničke karakteristike određuju kvalitet pređe, kao i kvalitet proizvoda koji su izrađeni od pređe, u procesima oplemenjivanja i primeni, a pre svega određuju sorpciona svojstva, ponašanje materijala pri mehaničkom naprezanju, termo-fiziološka svojstva i sl.

Promenom parametara strukture tkanine, kao što su prepletaj, sirovinski sastav, finoća pređe i gustina, postiže se određen kvalitet tkanine sa aspekta njenih fizičko-mehaničkih i estetskih svojstava. Odabir prave kombinacije parametara koji definišu strukturu tkanine može da omogući proizvodnju materijala poboljšanih eksploatacionih svojstava, što je uslovljeno specifičnim uslovima njegove upotrebe [47].

Tkanine moraju da poseduju odgovarajuća svojstva, koja su veoma različita i prilagođena nameni proizvoda [47, 48]. Na koji način će se jedna tkanina ponašati u realnim uslovima upotrebe zavisi od velikog broja strukturnih, konstruktivnih, mehaničkih karakteristika, sa jedne strane i samog postupka i uslova upotrebe, sa druge strane.

Izbor sirovinskog sastava za osnovu i potku za tkaninu određene namene predstavlja prvi korak u projektovanju i proizvodnji tkanina. Površinska masa tkanine zavisi od broja žica osnove I potke u tkanini. Parametri koji definišu kvalitet pređe su: podužna masa pređe, zapreminska masa vlakana, koeficijent pakovanja vlakana u pređi i koeficijent konstrukcije tkanina. Prepletaj i vrsta pređe za tkanine utiču direktno na poroznost, debljinu, otpornost na trenje, sposobnost drapiranja, strukturu površine [47, 48].

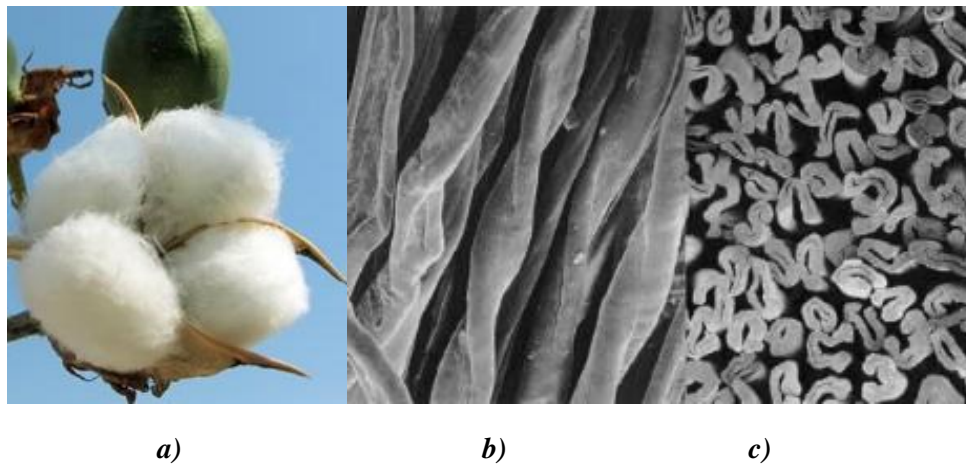
U toku oplemenjivanja tekstilni materijal dobija odgovarajuća estetska, fiziološka i funkcionalna svojstva, koja su u skladu sa njegovom namenom, projektovanim dizajnom, zahtevima kupaca i/ili modnim trendom [49]. Pored poboljšanja izgleda površine, izgleda i opipa tekstilnih materijala, doradom se dodaju potpuno nove, posebne karakteristike, kojih u prirodnom stanju normalno nema [48, 50]. Za postizanje određenih svojstava, vodonepropustljivosti/vodoodbojnosti, odbijanja nečistoća itd. često se primenjuju postupci laminiranja i naslojavanja tekstilnih materijala. Naslojene i laminirane tkanine obezbeđuju odličnu vodonepropustljivost, ali sprečavaju prolaz vodene pare, zbog čega dolazi do kondenzovanja unutar odeće, što čini da se nosilac odeće ne oseća udobno. Nove tehnologije omogućavaju da naslojene i laminirane tkanine postanu dišljive (ventilišuće) primenom tehnika

laminiranja ili naslojavanja kojima se poboljšava mikroporoznost ili hidrofilitnost [51, 52, 53, 54, 55].

## 1.1. Svojstva pojedinih tekstilnih materijala primenjenih u radu

### 1.1.1. Pamuk (Co)

Pamučna vlakna spadaju u kratka štapelna vlakna. Poprečni presek im je bubrežast ili pasuljast (slika 2). Zahvaljujući svojim veoma dobrim svojstvima (tabela 1), kao što su zatezne karakteristike (spada u jača vlakna), otpornost na habanje, postojanost prema ključalim alkalnim rastvorima, velika sorpciona sposobnost, propustljivost vazduha i dobra higijeničnost, pamuk je još uvek praktično nezamenljiv u izradi svih vrsta rublja i odeće. Pamuk ima veliku primenu u izradi raznih odevnih predmeta za svakodnevnu upotrebu, sport i rekreaciju, postavu i međupostavni materijal, kao i za tehničke tekstile.



*Slika 2: Pamuk: a) čaura, b) vlakno, c) poprečni presek vlakna [56, 57]*

**Tabela 1: Fizičko-mehaničke i hemijske karakteristike Co i PES vlakana [58]**

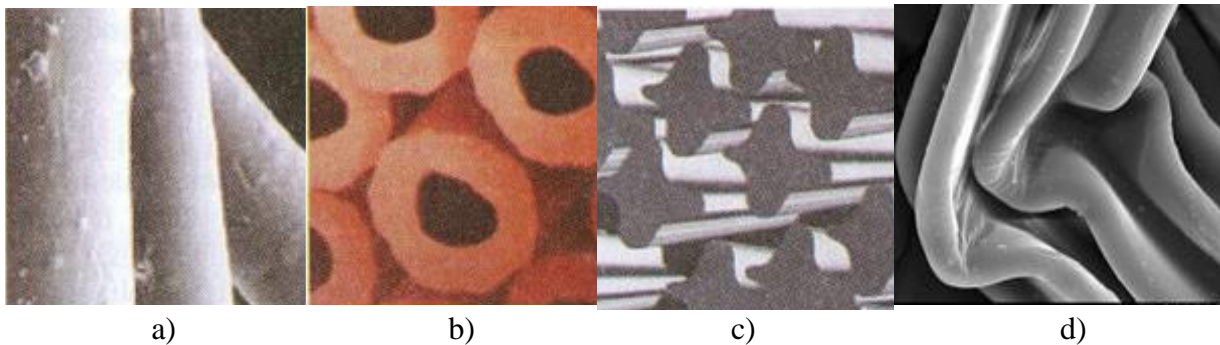
Karakteristika	Vrednost za Co	Vrednost za PES
Dužina, mm	10-60	25-155
Finoća (podužna masa), za Co-mikroner za PES- dtex	3,8-4,6	2-10
Gustina, g/cm <sup>3</sup>	1,54	1,36-1,41
Sadržaj vlage, % - pri standardnim uslovima - pri relativnoj vlažnosti vazduha 95 % i temperaturi 25 °C	7 24-27	0,4 0,5
Postojanost na zagrevanje i iskuvavanje, °C	Veoma postojan: 120 °C žuti 150 °C tamni	Ne mogu se iskuvavati
Temperatura topljenja i omekšavanja, °C	Ne topi se i ne omekšava	Topi se na 248-256 °C
Starenje	Praktično ne stare	Ne stare
Postojanost na svetlost	Smanjuje se jačina Skлонost žućenju	Dobra
Stepen bubrenja u vodi, %	45	3-4
Relativna prekidna sila, cN/tex - u suvom stanju - u mokrom stanju	27-24 100-110	35-95 95-100
Prekidno izduženje, % - u suvom stanju - u mokrom stanju	6-10 7-11	20-50 20-60
Stepen elastičnosti za različita izduženja, %	75 pri 2 % 45 pri 5 %	97 pri 2 % 80 pri 5 %
Repriza, %	8,5	0,5
Postojanost na - mikroorganizme - moljce	Slaba u vlažnom stanju Odlična	Postojana
Postojanost na alkalije	Postojana Bubre pri mercerizovanju	Razblažene baze oštećuju vlakna
Postojanost na kiseline	Razlažu se u vrelim razblaženim i hladnim koncentrovanim	Dobra postojanost
Oksidaciona sredstva (Beljenje)	Postojana na hipohlorite, hlorite i perokside	Postojana na oksidaciona sredstva
Bojenje	Direktnim bojama Reaktivnim bojama Sumpornim bojama	Disperznim bojama
Rastvorljivost	Rastvorljiv u H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Rastvorljiv u ključalom nitro benzolu



### 1.1.2. Poliestar (PES)

Sa stanovišta fizičko-mehaničkih svojstava (tabela 1), poliestarska (PES) vlakna zauzimaju najviše mesto, izuzimajući veoma malu sposobnost sorpcije vlage (što omogućava lako pranje proizvoda i brzo sušenje) i manju sposobnost bojenja. Pokazuju veoma dobru elastičnost (prekidno izduženje) i dobru sposobnost zadržavanja oblika. Imaju visoku tačku topljenja, ali se ne mogu iskuvavati. PES vlakna imaju izvanrednu otpornost prema delovanju mikroorganizama, insekata i atmosferilija.

Na slici 3 prikazni su izgled i poprečni presek nekih vrsta PES vlakana.



**Slika 3: Podužni izgled i poprečni presek nekih vrsta PES vlakana: a) podužni izgled antimikrobnog vlakna kružnog poprečnog preseka, b) šuplje vlakno, c) profilisano vlakno, d) imitacija pamuka (art.ESLON)**

PES vlakna se upotrebljavaju za proizvodnju tkanina, uglavnom u mešavinama sa vunom, pamukom i drugim vlaknima. Tkanine od mešavina koriste se za izradu gornje odeće, muških odela, pantalona, suknji i kostima. Ove tkanine se malo gužvaju, a imaju dobre fiziološko-odevne karakteristike (dobra toplotna izolacija, dobra propustljivost vazduha).

### **1.1.3. Mešavine pamuk/poliestar**

Mešanjem pamučnih i poliesterskih vlakana poboljšavaju se neka upotrebna svojstva materijala koji su izrađeni od njih (manje gužvanje, brže sušenje itd.) [59]. Mešavine poliestra i pamuka su obično u opsegu od 65 % pamuka i 35 % poliestra, do odnosa 50-50 %. Ove mešavine su postojane i otporne na trenje, zahvaljujući činjenici da su PES vlakna mnogo elastičnija od pamučnih. Takođe, PES se ne skuplja i ne menja oblik kao pamuk, tako da se mešavina može mnogo šire primeniti. Zahvaljujući pamučnoj komponenti, mešavine su veoma postojane na abraziju i mnogo više provode vodenu paru kroz tkaninu nego tkanine izrađene od čistog poliestra [60].

## **2. VODOOTPORNOST TEKSTILNIH MATERIJALA I PRENOS VODENE PARE KROZ NJIH**

Različite aktivnosti ljudi u različitim okruženjima zahtevaju adekvatnu vrstu zaštite. Bilo koji nivo fizičke aktivnosti stvorice potrebu za otpuštanjem suvišne toplote kako bi se održavala stabilna telesna temperatura [61].

Pošto su i okolina i stvaranje toplote aktivnostima van kontrole osobe koja obavlja te aktivnosti, značajno je obezbediti ljude odećom koja obezbeđuje i zaštitu od okoline i komfor/udobnost. Da bi se to postiglo, u različitim uslovima okoline formira se „odevni sistem“ koji, u slučaju loših vremenskih uslova (kiša, vetar), normalno uključuje tri sloja odeće: osnovnu oblogu (donji veš), srednji i spoljašnji sloj. Osnovna obloga sistema odeće se dizajnira da odvodi (upije) znoj i odloži početak hlađenja. Srednji sloj se dizajnira da greje nosioca zadržavanjem toplog vazduha. Spoljašnji sloj obezbeđuje zaštitu za ostale slojeve i telo.

Za potpunu zaštitu od kiše i vode moguće je nositi odevni sistem koji inkorporira potpuno vodonepropustljivi spoljašnji sloj. Međutim, upotreba jednostavnog vodonepropustljivog spoljašnjeg sloja je neefektivna zbog toga što će se vlaga od znojenja, koja je stvorena usled fizičkih aktivnosti, sakupljati u odevnom sistemu, dok količina vlage stvorene unutar odevnog

sistema znojenjem može biti kao da spoljašnji sloj curi (ima pukotine kroz koje voda ulazi spolja). Ovo ne rezultira samo gubitkom izolacije, već takođe vodi prekomernom hlađenju isparavanjem, kada je vodonepropustljivi sloj uklonjen. Idealna svojstva zahtevana za troslojni odeveni sistem, zbog toga, uključuju zahteve zaštite i komfora, a ujedno sistem treba da bude vodonepropustljiv (nepromočiv), ali i propustljiv za vodenu paru.

Od značaja je sprečiti kondezanciju koja se dešava na unutrašnjoj strani odeće, što se postiže primenom, tkanina koje su vodonepropustljive, a propustljive za vodenu paru, koje se mogu kategorisati u tri tipa: tkanine velikih gustina, tkanine sa laminiranim ili naslojenim mikroporoznim filmom (mikroporozne strukture) i tkanine sa laminiranim ili naslojenim hidrofilnim filmom (hidrofilne strukture) [62].

Za istraživanja u ovom radu bitna su svojstva otpornosti na vodu i prenosa vodene pare tkanina koje su vodonepropustljive, a propustljive za vodenu paru, upotrebljenih kao spoljašnji slojevi odeće za aktivnosti na otvorenom.

## **2.1. Vodootpornost**

Vodootpornost tekstila odnosi se na dva odvojena svojstva: na svojstvo prosipanja vode i svojstvo otpornosti na prodiranje (proboj, penetraciju) vode u tečnom stanju pod pritiskom. Oba svojstva su određena strukturom površine i kontaktnim uglom vode prema tekstilnom materijalu. Vodonepropustljivost tekstila zahteva maksimalnu moguću otpornost na prodiranje vode u kapilare, pa je zbog toga poželjan veliki kontaktni ugao sa zidovima kapilara [63, 64].

Da bi se odredila otpornost na vodu tkanine koje su vodonepropustljive, a propustljive za vodenu paru, zahtevaju se pogodni testovi za ispitivanje otpornosti na vodu. Test metode mogu se podeliti grubo na dva tipa: (1) testovi koji daju informacije o otpornosti tkanine na kvašenje površine ili prodiranje u, ali ne kroz tkaninu (npr. Bundesmann tester - simulacija kiše) i (2) testovi koji daju informacije o otpornosti tkanine na prodiranje kiše (pri padanju kiše - npr. hidrostatički tester - glava).

Sve tkanine koje su vodonepropustljive, a propustljive za vodenu paru, ponašaju se veoma dobro pod uslovima simulacionih testova kiše. Rad sproveden od strane UK Agencije za zaštitnu odeću i tekstil na širokom opsegu, na tkaninama koje su vodonepropustljive, a

propustljive za vodenu paru, dao je opšta poređenja tkanina u odnosu na otpornost na vodu [65]. PTFE laminirane tkanine pokazale su najveću vodonepropustljivost, dok su tkanine od mikrovlakana pokazale najmanju vodonepropustljivost. Između se nalaze porozne strukture – poliuretanom laminirane i hidrofilne tkanine.

Za tkanine koje čine spoljašnji sloj, a koje su vodonepropustljive i propustljive za vodenu paru, karakteristika otpornost na prodiranje vode kroz tkaninu, merena hidrostatičkim testerom, je možda značajnija nego otpornost na prodiranje vode u tkaninu koja je testirana u simulatoru kiše. Smatra se da je prihvatljiva otpornost na pritisak vode reda 2 m ili više vodenog stuba testirano hidrostatičkom glavom [66].

Da bi se dostigla maksimalna vodonepropustljivost odeće, posebna pažnja mora se obratiti na tip šava, zajedno sa tipom konca upotrebljenog u odeći i metod spajanja konstruisanih šavova.

## **2.2. Prenos vodene pare**

Na prenos vode sa unutrašnje na spoljašnju stranu tekstila utiče kombinacija mehanizama, koji su u opštem slučaju određeni tipom upotrebljenih vlakana u konstrukciji tekstila [67]. Za tekstil napravljen od apsorptivnih vlakana, kao što su prirodna i regenerisana vlakna, voda se apsorbuje higroskopnim vlaknima, transportuje kroz nabubrela vlakna i isparava sa spoljašnje površine tekstila. Za tekstilne materijale napravljene od sintetizovanih vlakana voda ulazi u kapilarne prostore između vlakana i pređe.

Svaki korak navedenog procesa je kompleksan i utiče na druge karakteristike tekstilnih materijala. Mehanizam prenosa vodene pare difuzijom smatra se najznačajnijim mehanizmom koji se razmatra kada se ocenjuju koristi od spoljašnjeg sloja odeće.

Mnogi naučnici koji su istraživali mehanizam prenosa vodene pare difuzijom složili su se da je prenos vodene pare sa unutrašnje strane tkanine u spoljašnju sredinu direktno proporcionalan razlici pritiska (napona) pare između unutrašnje površine tkanine i pritiska (napona) pare ambijentalnog vazduha, kao što je objašnjeno Fikovim zakonom [68, 69, 70, 71].

Navedeni proces normalno se održava u laboratoriji pod standardnom atmosferom temperature od  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $65\text{ \%} \pm 4\text{ \%}$  relativne vlažnosti vazduha bez temperaturnog

gradijenta [72, 73] ili sa temperaturnim gradijentom [39]. Međutim, prenos vodene pare u tekstilnim materijalima koji su vodonepropustljivi i propustljivi za vodenu paru je posebno teško porediti uglavnom zbog toga što postoje mnoge metode za testiranje i tehnologije merenja uz ranije pomenute standardne metode testiranja. Razlog je i činjenica što uslovi u toku testiranja ne odražavaju stvarne uslove za koje su tkanine koje su vodonepropustljive i propustljive za vodenu paru projektovane. Uz to, različite test metode i tehnike često proizvode nelogične rezultate i otuda postoji mnogo neslaganja oko toga koje metode obezbeđuju precizne i realne rezultate [73, 74].

Kada su tekstilni materijali koje su vodonepropustljive i propustljive za vodenu paru upotrebljeni u spoljašnjem sloju odeće testirane upotrebom test metode opisane u standardu BS 7209 [75], brzine prenosa vodene pare su rangirane: tkanine od mikrovlakana, pamučne Ventile tkanine, PTFE laminirane tkanine, porozne poliuretanom laminirane tkanine, hidrofilne tkanine i poliuretanom naslojene tkanine [71], što ukazuje da tip vodonepropustljivog materijala ima značajan uticaj na brzinu prenosa vodene pare. Tipične brzine prenosa vodene pare za tkanine koje su vodonepropustljive i propustljive za vodenu paru u ravnotežnom stanju su između 50 i 1500 g/m<sup>2</sup>/24 h.

Kada su merene brzine prenosa vodene pare na različitim temperaturama vazduha, evidentirano je da brzina prenosa vodene pare različitih tkanina koje su vodonepropustljive i propustljive za vodenu paru na temperaturama vazduha od 0 °C i 10 °C pokazuju iste sekvence kao i na temperaturi od 20 °C [71]. Razlika između brzina prenosa vodene pare različitih tkanina postaje manja kada temperatura opada i nema značajne razlike između brzina prenosa vodene pare. Kim je takođe zabeležio da na prenos vodene pare kroz tkanine koje su vodonepropustljive i propustljive za vodenu paru, utiču ne samo uslovi okoline već i svojstva membrane [76]. Ovo je zbog toga što su tkanine koje su vodonepropustljive i propustljive za vodenu paru, laminirane ili naslojene različitim tipovima membrana. Membrane su vodonepropustljive i propustljive za vodenu paru i ona formira barijeru prenosu vodene pare i toplote, što rezultira naglim porastom pritiska (napona) vodene pare i produženim rastom temperature na unutrašnjoj strani tkanine. Bartels i Umbach su merili svojstva prenosa vodene pare tkanina i odeće za zaštitu od lošeg vremena kao funkcije temperature (-20 °C, 0 °C i 20 °C) u klima komori i utvrdili da ne postoji indikacija temperaturne zavisnosti otpornosti prolaza vodene pare laminata hidrofilnih membrana [77].

Laminirani i naslojeni materijali se uglavnom koriste za proizvodnju odeće koja ne propušta vetar i koja se obično pravi u formi sa više slojeva da bi se povećala toplota i udobnost u vetrovitim i hladnim uslovima [78].

Na prenos vodene pare sa površine kože obučenog čoveka u spoljašnju okolinu pod vetrovitim uslovima utiču tri elementa u odeći. To su vazdušni prostor između površine kože i unutrašnje strane tkanine, struktura tkanine (ili tkanina, ukoliko postoji više od jednog sloja u kompletu odeće) i postojanje graničnog sloja izazvanog prinudnim strujanjem vazduha [79, 80, 81].

Prenos vodene pare sa spoljašnje površine tkanine u okolnu atmosferu se menja u zavisnosti od razlike između pritiska vodene pare na površini tkanine i pritiska vodene pare u atmosferi. Međutim, ovaj odnos nije uvek isti čak ni kada ne postoji strujanje vazduha, jer slobodna konvekcija utiče na spoljašnju površinu tkanine. Iako je brzina prenosa vodene pare sa unutrašnje strane tkanine u okolnu atmosferu direktno proporcionalna razlici pritisaka vodene pare između unutrašnje površine tkanine i okolne atmosfere, ovaj odnos možda neće biti dovoljno tačan, naročito u slučaju dejstva prinudne konvekcije na spoljašnju površinu tkanine [82].

Pod vetrovitim uslovima, postoji ne samo difuzija vodene pare kroz tkanine, već i prenos mase vazduha kroz i preko njih, koji izbacuje vodenu paru. Zbog toga, neophodno je posmatrati prenos vodene pare pod vetrovitim uslovima, pošto će spoljašnji sloj odeće koji se sastoji od tkanina koje su vodonepropustljive, a propustljive za vodenu paru biti izložen vetru i različitim oštrim uslovima okoline.

Prema Monteith i Clark-u sa porastom brzine vetra, uticaj sloja tkanine na prenos vodene pare značajno raste [80, 83]. Kada su tkanine vodonepropustljive i propustljive za vodenu paru testirane upotrebom metode vruće ploče sa temperaturnim gradijentom, brzine prenosa vodene pare su prikazane rangirano: tkanine od mikrovlakana, pamučne Ventile tkanine, PTFE laminirane tkanine, hidrofilne tkanine, porozne poliuretanom laminirane tkanine od najviše do najniže vrednosti na brzini vetra preko 2,5 m/s [84]. Takođe važi da što je veća brzina vetra, a odatle i veća razlika u pritisku (naponu) pare kroz tkaninu, veći je i prenos vodene pare.

Rezultati istraživanja ukazuju da tkanine vodonepropustljive i propustljive za vodenu paru se generalno koriste u hladnim, vetrovitim i kišnim klimatskim uslovima [85].

Vodonepropustljivost i propustljivost tkanina za vodenu paru u kišnim uslovima može se objasniti konceptom apsolutnog sadržaja vlage u vazduhu. Smer prenosa vodene pare difuzijom zavisi od apsolutne razlike koncentracija vodene pare.

Za odeću za spoljašnje uslove, temperatura vazduha između ljudskog tela i spoljašnjeg sloja odevnog sistema je obično viša od temperature spoljnog vazduha i, zbog neprimetnog ispuštanja znoja iz tela. Unutrašnji vazduh ima viši sadržaj vlage od spoljašnjeg vazduha (mada ima nižu relativnu vlažnost od spoljašnjeg vazduha). Zbog toga, u kišnim uslovima pod uslovima stalnog prenosa vodene pare u tkaninama, koje se nose preko toplog i vlažnog ljudskog tela, dolazi do stvaranja osećaja prijatnosti pri nošenju odeće izrađene od takvih materijala.

Termalna apsorptivnost je objektivni izraz toplog - hladnog osećaja koji formira tkanina. Osećaj toplo - hladno je važna karakteristika udobnosti tkanine i nastaje usled razmenjene toplote između ljudske kože i tekstila [86].

Keighley je zabeležio da otpornost prolazu vodene pare nekih tkanina kišne odeće raste u kišnim uslovima. Farnworth je sa svojim inženjerima upotrebio sendvič opremu i dobili su isti rezultat: tkanine sa hidrofilnom prevlakom pokazivale su značajni pad otpornosti na difuziju vodene pare kada je relativna vlažnost bila visoka [85, 87].

Kada su izvedeni eksperimenti pod vetrovitim kišnim uslovima sa prolaskom vetra kroz površinu vodonepropustljive tkanine brzinom od 2,5 m/s, nađeno je da prenos vodene pare opada kada temperatura kiše raste [88]. Empirijska izučavanja su pokazala da, pretpostavljajući konstantnu temperaturu, vetar povećava, a kiša smanjuje brzinu prenosa vodene pare tkanine koja je vodonepropustljiva, a propustljiva za vodenu paru, što daje rangiranje po opadajućem nizu performansi prenosa vodene pare: vetrovito, suvo, vetrovito kišno, kišno.

### 3. ČOVEK U TOPLOTNOM OKRUŽENJU I TERMALNA FIZIOLOGIJA ČOVEKA

Ljudsko telo reaguje na promene okoline u dinamičkoj interakciji koja može dovesti i do smrtnog ishoda, ukoliko odgovor nije podesan, ili su nivoi energije ispod granica preživljavanja. To određuje napor tela, pošto ono koristi svoje kapacitete da održava optimalno stanje.

Temperatura vazduha, temperatura zračenja, vlažnost i brzina kretanja vazduha su četiri osnovne promenljive veličine okruženja, koje utiču na odgovor čoveka na toplotne sredine [46]. Kombinovane sa metabolitičkim stvaranjem toplote ljudskim aktivnostima i odećom koju osoba nosi, one obezbeđuju šest osnovnih faktora koji definišu toplotne sredine. U opštem slučaju, to je interakcija šest faktora na koje ljudsko telo odgovara. Pri tome, sposobnost gubitka toplote isparavanjem znoja je ključna za osobu pod toplotnim stresom. Vlažnost okoline je zbog toga značajna, kao i priroda zaštitne odeće.

Temperatura ljudskog tela je značajan indikator njegovog stanja (udobnost, toplotni ili stres usled hladnoće, performanse) i u velikoj meri zavisi od sredine koja ga okružuje (fluidi i čvrsta tela). Ljudsko telo je obično okruženo odećom i skoro potpuno vazduhom, a može imati kontakt i sa čvrstim površinama, vodom (potpuno ili delimično potapanje), drugim fluidima, ili čak vasionom.

To što unutrašnja temperatura tela treba da se održava na oko 37 °C diktira postojanje dinamičke toplotne ravnoteže između tela i okoline [46].

Ukupna površina tela tradicionalno se procenjuje iz pojednostavljene jednačine *Dubois*-a (iz 1916. godine), koja glasi:

$$A_D = 0,202 \times W_b^{0,425} \times H_b^{0,725}$$

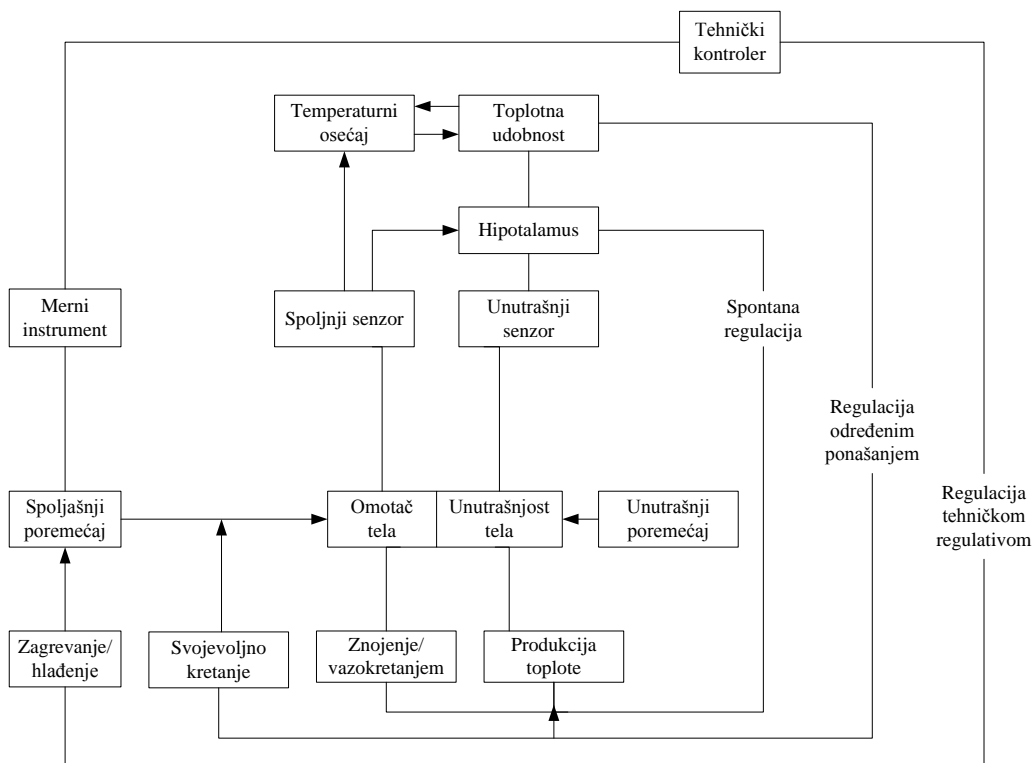
Standardna vrednost od 1,8 m<sup>2</sup> se uglavnom upotrebljava za osobu mase od 70 kg i 1,73 m visine.

U toploj sredini zasićeni vazduh na temperaturi kože može se preneti direktno sa kože na vazduh putem otvora na odeći. Količina prenete toplote zavisi od brojnih faktora uključujući uslove okruženja (u veoma toploj okolini toplota će se prenositi na telo), stanje kože, ventilaciju, dinamička svojstva odeće i aktivnost osobe [46].



Fiziološka svojstva tela određuju brzinu prenosa toplote na površinu. Brojni modeli sistema termoregulacije čoveka uzimaju u obzir da kada se telo zagreva ono gubi toplotu vazodilatacijom i ako se zahteva, znojenjem. Ukoliko se telo hladi, onda se toplota čuva vazokonstrikcijom i ukoliko je neophodno, stvara se drhtanjem [46]. Vazokonstrikcija je medicinski pojam koji označava sužavanje obima krvnog suda izazvano stezanjem (sa povećanjem krvnog pritiska, usporjenjem krvotoka i opadanjem telesne temperature). Nastaje zbog kontrakcije (stezanja) glatkih mišićnih ćelija u srednjem sloju krvnog suda (lat. tunica media). Vazokonstrikcija je suprotni proces od vazodilatacije ili širenja obima krvnih sudova koje nastaje zbog relaksacije glatkih mišićnih ćelija u srednjem sloju krvnog suda (lat. tunica media).

Na slici 4 prikazan je sistem regulacije temperature tela čoveka [46, 89].



**Slika 4: Dijagram regulacije temperature čoveka**

## **4. TOPLOTNA SVOJSTVA ODEĆE**

Odeća obezbeđuje toplotnu izolaciju između ljudskog tela i njegove okoline. Zbog toga, praktična uloga odeće je da održava telo u prihvatljivom termičkom stanju u raznim sredinama [90, 91].

Faktori koji utiču na termičko ponašanje odeće uključuju: koeficijent provođenja toplote, prenos vlage i pare kroz odeću (npr. znoj, kiša), razmenu toplote sa odećom (kondukcijom, konvekcijom, radijacijom, isparavanjem i kondenzacijom), kompresiju (npr. uzrokovanu jakim vetrom), efekte pumpanja (npr. uzrokovanih pokretima tela), penetraciju vazduha (npr. kroz materijal, proreze i otvore), držanje subjekta itd. [46].

Prenos toplote provođenjem u odeći suštinski utiče na termofiziološku udobnost nosioca odeće. Materijali, dizajn i kombinacija odeće, držanje i pokreti tela i vetar imaju uticaja na ventilaciju mikrosredine, a samim tim i na koeficijent provođenja toplote i propustljivost pare odevne kombinacije [92, 93].

### **4.1. Termički modeli odeće**

Postoji više termičkih modela odeće (npr. jednostavan toplotni model zagrejanog tela sa slojem odeće kao izolacije, dvoparametarski model odeće itd.) [3]. Svaki od njih smatra vrednosti koeficijenta provođenja toplote odevnih materijala i odevnih kombinacija fundamentalnim.

Kao što je rečeno u pregledu prethodnih istraživanja, koristeći termičke lutke određeni su koeficijenti provođenja toplote za mnoge tipove odeće i obezbeđene baze podataka vrednosti otpora provođenju toplote. Standard ISO 9920:1995 [13] obezbeđuje takvu bazu podataka [5], dok neki autori [14] daju vrednosti otpora provođenju toplote za cele odevne kombinacije (tabela 2), kao i za pojedinačne delove odeće (tabela 3). Otpor provođenju toplote odevnog sistema predstavlja kvantitativnu procenu sposobnosti razmene toplote između slojeva odevnog sistema [94].

**Tabela 2: Vrednosti otpora provođenju toplote ( $I_{cl}$ ) radne odevne kombinacije**

Radna odeća	Otpor provođenju toplote	
	Clo	m <sup>2</sup> K/W
Donji veš, kombinezon, čarape, cipele	0,70	0,110
Donji veš, košulja, pantalone, čarape, cipele	0,75	0,115
Donji veš, košulja, kombinezon, čarape, cipele	0,80	0,125
Donji veš, košulja, pantalone, jakna, čarape, cipele	0,90	0,140
Donje rublje sa kratkim rukavima i nogavicama, košulja, pantalone, jakna, čarape, cipele	1,00	0,155
Donje rublje kratkih rukava i nogavica, košulja, pantalone, čarape, cipele	1,10	0,170
Donje rublje sa dugačkim nogavicama i rukavima, termojakna, čarape, cipele	1,20	0,185
Donje rublje sa kratkim rukavima i nogavicama, košulja, pantalone, jakna, termojakna, čarape, cipele	1,25	0,190
Donje rublje sa kratkim rukavima i nogavicama, kombinezon, termojakna i pantalone, čarape, cipele	1,40	0,220
Donje rublje sa kratkim rukavima i nogavicama, košulja, pantalone, jakna, termojakna i pantalone, čarape, cipele	1,55	0,225
Donje rublje sa kratkim rukavima i nogavicama, košulja, pantalone, jakna, naložena štepna jakna i kombinezon, čarape, cipele	1,85	0,285
Donje rublje sa kratkim rukavima i nogavicama, košulja, pantalone, jakna, naložena štepna jakna i kombinezon, čarape, cipele, kapa, rukavice	2,00	0,310
Donje rublje sa dugačkim rukavima i nogavicama, termojakna i pantalone, čarape, cipele	2,20	0,340
Donje rublje sa dugim rukavima i nogavicama, termojakna i pantalone, naložena štepna parka, naložen kombinezon, čarape, cipele, kapa, rukavice	2,55	0,395

**Tabela 3: Vrednosti otpora provođenju toplote ( $I_{clt}$ ) za posebne odevne predmete**

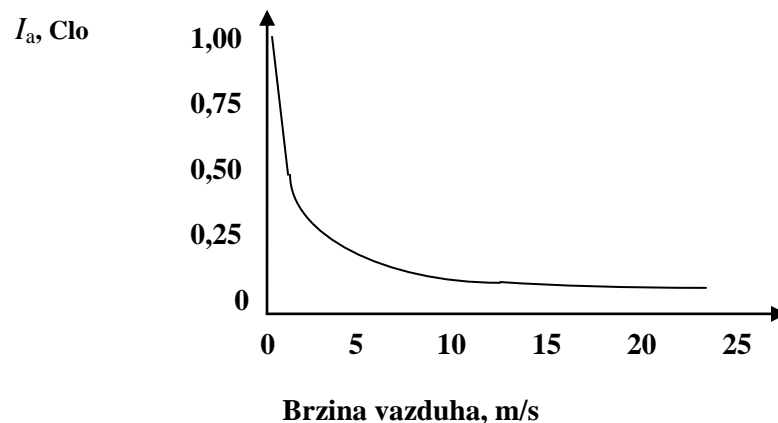
<b>Opis odevnog predmeta</b>	<b>Otpor provođenju toplote, Clo</b>	<b>Opis odevnog predmeta</b>	<b>Otpor provođenju toplote, Clo</b>
Donje rublje: Žensko donje rublje Donji veš sa dugim nogavicama Veš majica Majica sa kratkim rukavima Majica sa dugim rukavima Žensko donje rublje i brushalter	0,03 0,10 0,04 0,09 0,12 0,03	Jakne: Tanka letnja jakna Jakna Ogrtač	0,25 0,35 0,30
Majice/bluze kratki rukavi: Tanke majice sa dugačkim rukavima Deblje majice sa dugačkim rukavima Flanelske košulje, dugački rukavi Tanke bluze, dugački rukavi	0,15 0,20 0,25 0,30 0,15	Visoka izolacija, koža: Kombinezon  Pantalone  Jakna Prsluk	0,90  0,35  0,40 0,20
Pantalone: Šorts Tanke Normalne Flanelske	0,06 0,20 0,25 0,28	Spoljno odevanje: Kaput Perjana jakna Parka Kožni kombinezon	0,60 0,55 0,70 0,55
Haljine/suknje: Tanke suknje (letnje) Debele haljine (zimske) Tanke haljine, kratki rukavi Zimske haljine, dugi rukavi	0,15 0,25 0,20 0,40	Različite stvari: Čarape Debele kratke čarape Debele dugačke čarape Najlon hulahop Čipele (tanak đon) Čipele (debeo đon) Čizme Rukavice	0,02 0,05 0,10 0,03 0,02 0,04 0,10 0,05
Džemperi: Prsluk bez rukava Tanki džemper Džemper	0,12 0,20 0,28 0,35		

Standard ISO 9920:1995 [13] daje sledeću jednačinu za ocenu otpora provođenju toplote ( $I_{clu}$ ) odevnih predmeta, a odatle vrednosti  $I_{cl}$  odevne kombinacije:

$$I_{clu} = 0,095 \times 10^{-2} A_{cov}$$

$$I_{cl} = \sum_i I_{clu, i}$$

Jednostavni toplotni model zagrejanog tela sa slojem odeće kao izolacije omogućava ocenu parametara modela odevne kombinacije ( $I_{cl}$  i  $I_a$ ). Na slici 5 prikazana je ocena raspona vrednosti  $I_a$  prema Burton i Edholm-u [3].



**Slika 5: Otpor provođenju toplote vazdušnog sloja oko tela pod uticajem kretanja vazduha**

Ograničenje dvoparametarskog modela odeće je da ne uzima u obzir mokru odeću. Vlaga može da prenese toplotu između tela i sredine. Ovo je naročito važno kad se koža znoji.

Razlika pritisaka pare između kože i okoline predstavlja pogonsku silu za prenos vodene pare. Tečnost (znoj) na koži isparava sa površine kože i prenosi se kroz odeću u okolinu. Otpor ovom prenosu pare označen je kao unutrašnji otpor prenosu vodene pare ( $I_{ecl}$ ).

Za najpraktičnije primene koristi se jednostavan model „suve“ izolacije, da bi se kvantifikovao otpor provođenju toplote odeće [19]. Jednostavna modifikacija dvoparametarskog modela razmatra kapilarno prenošenje tečnosti kroz odevne materijale isparavanjem, koje se

odvija u odeći. Kerslake daje model u kome se latentna toplota isparavanja uklanja iz odeće, a ne sa kože [9].

Proširenje dvoparametarskog modela uključuje i ventilaciju odeće. Pored toga što prenos toplote i vodene pare kroz odeću zavisi od otpornosti odeće ( $I_{cl}$ ,  $I_{ecl}$ ), do gubitka vodene pare i toplote može doći i usled prisustva pora (vazdušnih džepova) u odeći, kao i usled direktnog prodiranja vazduha kroz odeću. U hladnim klimatskim uslovima izolacija odeće može biti mnogo manje efektivna u toplotnoj zaštiti tela od one koju bismo očekivali pod pretpostavkom da ne postoji ventilacija odeće. U toplim klimatskim uslovima gubitak toplote zbog isijavanja može biti veći od očekivanog. Metode za proračun efekata ventilacije odeće slede neka opšta pravila, kao što su: za ljude koji se bave pojačanom fizičkom aktivnosti toplotna izolacija odeće se mora smanjiti za 50% u slučaju hladnih klimatskih uslova [46].

Crockford je 1972. godine predložio metodu za određivanje ventilacionih karakteristika odeće praćenjem protoka gasa iz okoline u odeću [95].

Neki autori su izučavali četvoroslojni model odeće koji se sastoji od donjeg rublja, obuhvaćenog vazduha, spoljne odeće i okolnog vazdušnog sloja, a uključuje i ventilaciju kroz otvore [28, 34, 35, 36].

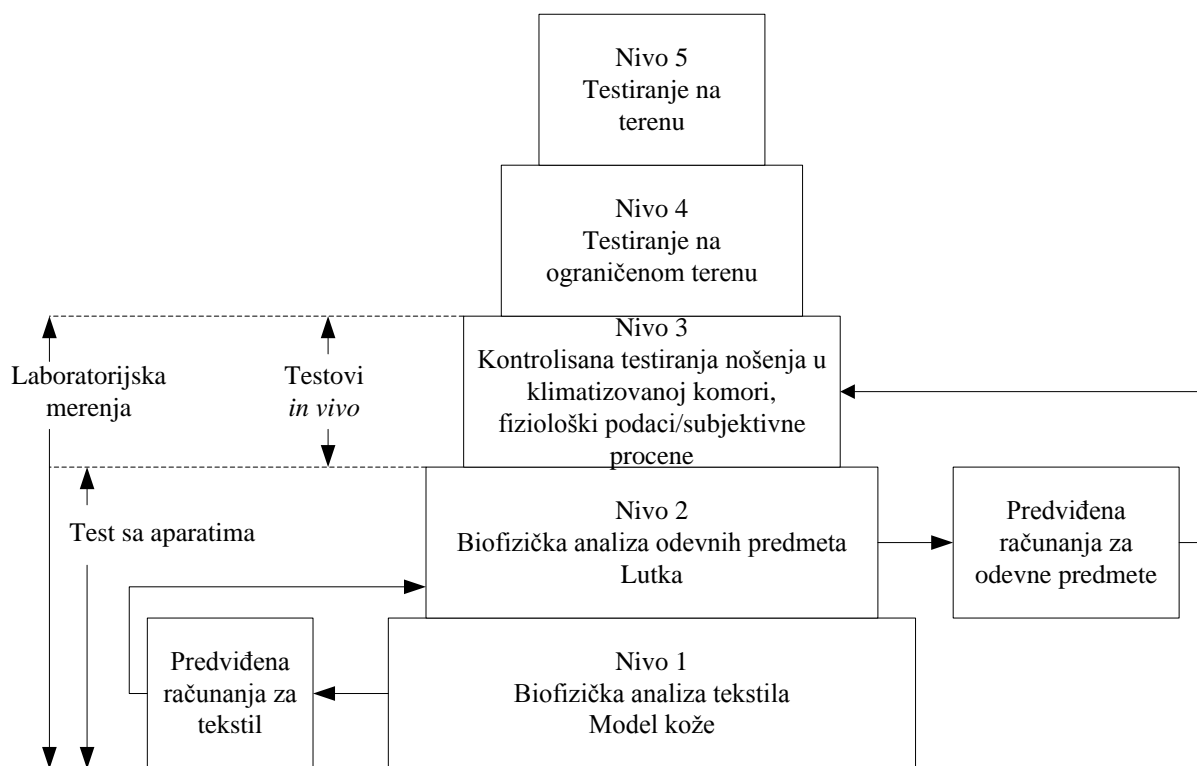
## 4.2. Određivanje toplotnih svojstava odeće

Za određivanje specifičnih svojstava odeće dostupni su testovi za koje se koriste na primer zagrejane ravne ploče ili cilindri da bi se odredile  $I_{cl}$ ,  $I_{ecl}$  vrednosti [37, 38, 39].

Brojni autori predložili su „odevni trougao“ kao metod razvoja i evaluacije odeće. Široka baza trougla predstavlja širok opseg jednostavnih testova koji se izvode na tkaninama. Koriste se aparati jednostavnog prenosa toplote, laki za vođenje i ponavljanje postupka, ali su nerealni jer ne koriste ljudske subjekte. Uski vrh trougla predstavlja polje proba za evaluaciju kada se koriste ljudi koji nose odeću. Ove metode iziskuju relativno velike resurse i teško ih je kontrolisati, ali su realni.

Kao što je ranije pomenuto, Goldman je predstavio pet nivoa evaluacije odeće [40]. Pri tome, zbog porasta troškova testova sa porastom nivoa, naglasio značaj korišćenja informacija

nižih nivoa za planiranje testova na višem nivou. Umbach je rezimirao rad Instituta Hohenstein iz Nemačke u sistemu od pet nivoa, prikazanom na slici 6 [41] .



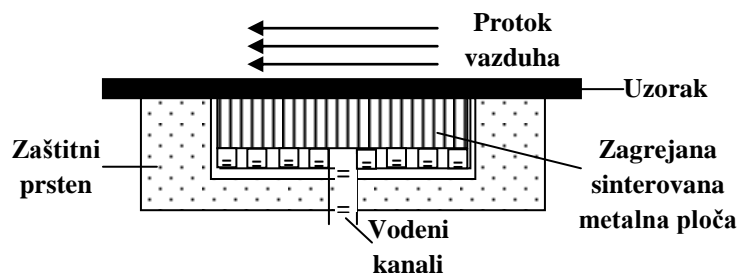
**Slika 6: Sistem od pet nivoa za analizu fizioloških svojstava tekstila i odevnih predmeta**

Nivo 1 obuhvata ispitivanje svojstava toplotne otpornosti ( $R_{ct}$ ) i otpornosti prema vodenoj pari ( $R_{et}$ ) jednog ili više slojeva tkanine u stanju termodinamičke ravnoteže, kao i za ostale uslove. Za količinu vodene pare koju apsorbuje uzorak materijala u toku izlaganja od jednog sata na modelu kože (standardna vlažna ravna ploča – slika 7) dat je simbol  $F_1$  (%) (indeks prenosa vlage). Dobijene vrednosti zavise od debljine tkanine. Kako bi se omogućilo poređenje između različitih tkanina, koristi se indeks  $i_m$  kojim se poredi odnos između toplotne otpornosti i otpornosti prema vodenoj pari tkanine sa odnosom koji je nađen za u vazдушnom sloju iste debljine kao i tkanina, tj.

$$i_{mt} = 0,6 \frac{R_{ct}}{R_{et}},$$

gde je koeficijent 0,6 izveden iz količnika termičke otpornosti i otpornosti prema vodenoj pari vazdušnog sloja iste debljine kao i tkanina. Ovim je  $i_{mt}$  bezdimenzioni broj od 0 (nepropustljiv) do 1.

Umbach je ustanovio da se  $F_i$  i  $i_{mt}$  mogu koristiti za ocenu fiziološkog kvaliteta tkanine (poželjne su što veće vrednosti  $i_{mt}$  i  $F_i$ ) [41]. Koristeći suštinski ista ispitivanja, ove vrednosti za tkaninu se mogu odrediti za različite uslove, npr. određivanje efekta sabijanja tkanine ili kvašenja tkanine. Dinamičke promene pri kompresiji i kvašenju se mogu meriti uz pomoć promene pritiska i vremena. Ovo je važno da bi se izbeglo hlađenje subjekata posle vežbanja. Indeks regulacije vlage, indeks regulacije temperature, indeks zaštite, indeks prenosa vlage i ponovljene vlažnosti mogu se odrediti iz vrednosti praćenih tokom ispitivanja.



*Slika 7: Princip modela kože [41]*

#### 4.3. Testiranje toplotnih svojstava odeće na korisnicima

Za određivanje toplotnih svojstava odeće testiranjem na korisnicima, početni test uključuje osam muških subjekata koji stoje mirno u klimatizovanoj komori na vazduhu i prosečnoj temperaturi zračenja od 5 °C, relativnoj vlažnosti od 50 % i bez strujanja vazduha [7]. Za ispitivanje neophodno je izvršiti dva merenja i to: različitim danima u isto vreme na jednom je subjekat odeven, a na drugom je minimalno odeven (samo šorts i cipele). Prosečna vrednost razlike srednjih temperatura kože (na subjektima), posle jednog sata izlaganja, dva stanja predstavlja vrednost izolacionog indeksa odeće  $d_{tsk}$ .



Klasična merenja pri evaluaciji odeće od strane korisnika obuhvataju fiziološka, subjektivna i fizička merenja (tabela 4).

**Tabela 4: Primeri merenja vezani za ocenu i evaluaciju odeće od strane korisnika**

Merenje	Primeri metode	Moguća tumačenja
Unutrašnja telesna temperatura	Rektalna, slušna, oralna, urinarna, itd.	Indikacija akumulirane ili izgubljene telesne toplote. Poželjni indikator za toplu ili hladnu sredinu. Da li odeća može da održi toplotni balans?
Prosečna temperatura kože	Na telu. Ponderisana metoda Potrebno je više tačaka u hladnim uslovima	Odnosi se na nelagodnost usled hladnoće. Može se povezati sa telesnom temperaturom kako bi se označila akumulirana ili izgubljena toplota
Temperatura kože ekstremiteta	Ruke, veliki prst na nozi, uvo, lice	Sigurnosne granice naručito u hladnim uslovima. Delovanja manuelnog izvođenja
Masa subjekta i odeće	Balansiranje sa tačnošću u okviru 50 g i poželjnih 10 g. Izveštaj za bilo koji unos hrane, pića i izlučevine. Merenje neposredno pre i posle izlaganja	Merenje mase ispitanika pre nego što se skinu nagi, pre nego što se obuku, nakon što se obuku i pošto se skinu nagi.
Subjektivne skale	Različite skale i metode. Upitnici. Glasanja tokom izlaganja. Termički osećaj, udobnost prijanjanja, prijatnost koju osećaju na delovima tela (stopala, ruke) što je korisno u hladnim uslovima	Najefektinije metode za termičku udobnost i zadovoljstvo. Koriste se sa drugim metodama (kako bi se dopunile objektivne i metode određenog ponašanja). Nije za ekstremne sredine. Jednostavni, ali važni principi dizajna, predstavljanja i analize. Neophodna je pažljiva kontrola upravljanja metodom

Glavna uloga izvođenja proba na korisnicima je ispitivanje odeće, čime se dobijaju „praktične“ informacije. Ovo obuhvata identifikovanje uzorka odeće i „posmatranje“ svojstava tokom određenog vremena u realnim uslovima. Mogu se koristiti tehnike upitnika, kao i neka fiziološka merenja.

#### 4.4. Dizajn funkcionalne odeće

Odeća pri nošenju mora zadovoljavati nekoliko funkcija, to su: estetska, ergonomska (funkcionalna) i fiziološka. Uspešan dizajn obuhvata mnogo elemenata, a kada je u pitanju zaštitna odeća, on ima veoma težak zadatak jer mora da ispunji određene funkcionalne zahteve i da se prilagodi standardima određene industrije. Odeća mora da ispunjava i funkcionalne tj. ergonomske zahteve.

Osećaj udobnosti je rezultat odluke samog čoveka. J.G. Pontrelli [96] je proučavao različite uzročnike, koji utiču na naše shvatanje udobnosti / neudobnosti nošenja odeće. Podelio ih je u tri različite kategorije:

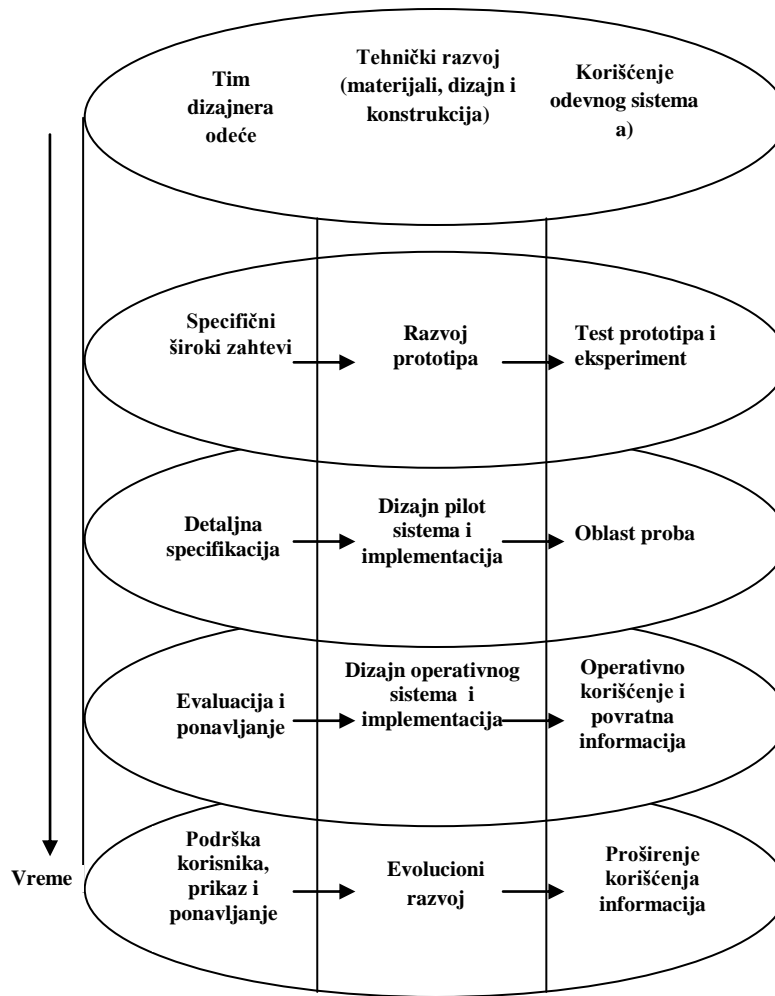
1. Kategorija obuhvata fizičke uzročnike:
  - klimatske veličine toplotne okoline,
  - stepen fizičke aktivnosti,
  - karakteristike tekstila / odeće,
  - vrste vlakana i konstrukcija tekstila,
  - sposobnost za prenos toplote i vlage,
  - propustljivost vazduha,
  - prijanjanje, elastičnost, opip.
2. Kategorija obuhvata psiho-fiziološke uzročnike:
  - životna sredina,
  - konačna upotreba,
  - posebne prilike u kojima nosimo određenu odeću,
  - modni trendovi,
  - opip, vizuelni estetski utisak,
  - prijanjanje.
3. Kategorija uzročnika je „modifikator sećanja“, koji se temelji na :
  - našim proteklim iskustvima,
  - predrasudama,
  - očekivanoj predstavi o udobnosti nošenja,
  - stilu življenja [46].

Da li je odevni predmet zadovoljio ergonomske uslove, kupac tj. pojedinac može da proceni za kratko vreme nošenja, kroz subjektivni osećaj koji ima pri nošenju tog odevnog predmeta.

Fiziološka funkcija odeće je vrlo kompleksna i utiče na poboljšanje ravnoteže telesne temperature, tako što štiti od hladnoće i omogućava protok suvišne toplote u obliku isparenog znoja sa površine kože u okolinu. Odeća treba da zadovolji termofiziološku udobnost pri upotrebi i kožno-senzorsku udobnost. Prema tome, termofiziološka udobnost podrazumeva dobru fizičko-toplotnu ravnotežu pri minimalnom naporu tela u različitim klimatskim uslovima kao i pri različitim fizičkim aktivnostima tela. Komfor odeće tj. udobnost pri nošenju predstavlja glavni uslov za određivanje kvaliteta odeće tokom upotrebe.

Razvoj metodologije „ergonomskih sistema“ doveo je do promene u filozofiji dizajna i evaluacije „komponentata“ odevnog sistema. Stoga se odeća može sagledati u vidu dinamičke komponente celokupnog sistema čovek-mašina-sredina-organizacija. Uprkos tome što je ova filozofija opšte prihvaćena, dizajn odeće i ocena iste ne koriste se tako efikasno u svojoj praksi.

Potpuniji opis ergonomskih sistema i praktične ergonomske metodologije dali su Singleton, Wilson i Corlett [97, 98]. Kratak opis kako se to može povezati sa termičkim svojstvima odeće dat je na slici 8.



*Slika 8: Sistemi ergonomskog pristupa razvoju odeće*

Rosenblad-Wallin i Kärholm opisali su tehniku koju su nazvali „mapiranje sredine“ za dizajn i razvoj funkcionalne odeće, kojom se povezuje odeća sa zahtevima posla, kao i termički zahtevi odeće [99]. Oni koriste analizu zadatka i aktivnosti, koja obuhvata intervju i posmatranje u toku aktivnosti, kako bi identifikovali zahteve odeće. Potom se procena odeće dobija u obliku nivoa aktivnosti (koja je povezana sa bazalnim metabolizmom), termičke sredine (klima) i faktora zagađenosti. U tabeli 5 prikazane su skale za procenu udobnosti i funkcionalnosti odeće.

**Tabela 5: Skale za procenu udobnosti i funkcionalnosti odeće**

<b>Klima</b>	<b>Zagađenost</b>	<b>Aktivnost</b>
1 = veoma toplo	1= nizak stepen zagađenosti	1 = nizak stepen aktivnosti
2 = topao unutrašnji prostor	2 = umeren stepen zagađenosti	2 = umerena aktivnost
3 = normalan unutrašnji prostor	3 = visok stepen zagađenosti	3 = visok stepen aktivnosti
4 = hladna klima	/	/
5 = promene unutrašnjeg/spoljašnjeg prostora	/	/
6 = hladna/spoljna klima	/	/

Princip je da ove tri procene daju informacije dizajneru. U praksi procene daju jednostavne smernice, pa je neophodno mnogo više informacija i stručni nadzor da bi se dobio konačan dizajn. Zbog toga, potrebno je da se taj sveobuhvatni metod više razvije. Međutim, ovaj pristup se uspešno koristi u dizajnu odeće za ribare, radnike u livnici, medicinske sestre, radnike u poljoprivredni, kao i u dizajnu vojničkih čizama i odeće za druge primene.

Kako bi se predstavilo termičko ponašanje ljudskog tela (eupatheoscope), konstruisan je crni bakarni cilindar koji se zagreva. Temperatura cilindra nazvana je „ekvivalentna temperatura“ [66,72]. Bedford je objavio veliku studiju, uglavnom o ženama koje rade u fabrici, “kako bi ispitaio vezu između fizičke sredine i ličnog osećaja toplote kod ljudi koji se bave lakim industrijskim poslom“ [100]. Koristeći svoju skalu termičkog komfora (tabela 6), doveo je u uzajamnu vezu subjektivna mišljenja sa brojnim vrednostima termičkog indeksa.

Gubitak znoja se može smatrati kao indeks fiziološkog napora termalnog porekla, uključujući ne samo znoj koji isparava na površini kože već i deo znoja koji kaplje sa tela ili biva akumuliran u odeći [101].

**Tabela 6: Skala osećaja toplote [101, 102]**

<b>Bedford-ova skala osećaja komfora</b>	<b>Ocena</b>	<b>ASHRAE skala osećaja komfora</b>	<b>Ocena</b>
Veoma, veoma toplo	7	Vruće	7
Veoma toplo	6	Toplo	6
Udobno toplo	5	Umereno toplo	5
Udobno	4	Pre pranja	4
Udobno hladno	3	Umereno hladno	3
Veoma hladno	2	Sveže	2
Veoma, veoma hladno	1	Ledeno	1

## 4.5. Toplotni komfor

Toplotni komfor se definiše kao stanje uma koje izražava zadovoljstvo sa svojim toplotnim okruženjem. Komfor je psihološki fenomen, koji nije direktno povezan sa fizičkim okruženjem ili fiziološkim stanjem. Razumevanje zašto neka osoba govori o toplotnom komforu (ili nekomforu) ili sličnim osećanjima, kao što su toplota, svežina, zadovoljstvo itd. su kompleksni i nema odgovora na njih. Toplotni komfor, utiče na zdravlje, produktivnost i moral ljudi. Zbog toga, skoro u celom dvadesetom veku, ali i pre njega, postojalo je aktivno interesovanje za istraživanje uslova u kojima se stvara toplotni komfor. Ovo zanimanje i slične rasprave nastavile su se i u dvadesetprvom veku [46].

Istraživanju termičkog komfora u praksi doprineo je Fanger [19]. U njegovoj knjizi izloženi su neophodni uslovi termičkog komfora, metode i principi za evaluaciju i analizu termičkih sredina u odnosu na termički komfor. Istraživanja u njoj su sprovedena na Tehničkom univerzitetu u Danskoj i na Državnom univerzitetu u Kansasu, SAD. Na osnovu razmatranih „zahteva korisnika“ postavljene su metode koje su danas najznačajnije u proučavanju termalnog komfora. Kombinovano termičko dejstvo fizičkih faktora određuje termički komfor kod čoveka i da je neophodan praktični metod koji bi mogao predvideti „prosečan termički komfor“ i posledice (u vidu termičke neudobnosti, npr. procenat ljudi koji su nezadovoljni) izlaganja uslovima koji nisu u granicama „prosečnog termičkog komfora“.

Fanger je definisao da su četiri uslova potrebna da osoba (celim telom) bude u termičkom komforu [19]:

1. Telo je u toplotnoj ravnoteži;
2. Brzina znojenja je u okviru granica komfora i
3. Prosečna temperatura kože je u okviru granica komfora.
4. Odsustvo lokalne termičke neudobnosti.

Cilj je bio da se dobije jednačina komfora koja zahteva unos samo šest osnovnih parametara, a zasnovana je na četiri napred navedana uslova, kako bi se izračunali uslovi termičkog komfora. Ovo je postignuto tako što je korišćena racionalna analiza prenosa toplote između odevenog tela i okoline eksperimentalnim istraživanjem [79, 103, 104].

Pri definisanju jednačine komfora bitno je uzeti u obzir i da se termofiziološke karakteristike tekstilnih materijala i odeće menjaju tokom održavanja.

#### 4.5.1. Balans toplote

Metabolički stvorena toplota (M) obezbeđuje energiju dovoljnu telu za mehanički rad (W) a ostatak se otpušta kao toplota (M-W). Prenos toplote može biti kondukcijom (K) (prolazom), konvekcijom (C) (mešanjem), zračenjem (R) i isparavanjem (E). Razlika između stvaranja i gubitka toplote predstavlja skladištenje (akumulaciju) toplote (S).

Konceptualna jednačina toplotnog balansa je npr. za ravnotežnu toplotu ( $S = 0$ )

$$S = M - W - E - R - C - K = 0,$$

gde je  $M - W$  uvek pozitivno, E, R, C i K gubici toplote iz tela (pozitivna vrednost je gubitak toplote, negativna vrednost je dobitak toplote).

Različiti autori daju različite jednačine toplotnog balansa Fanger [19] koristi sledeću jednačinu toplotnog balansa (gde svi članovi imaju jedinicu  $W/m^2$ ):

$$H - E_{dif} - E_{sw} - E_{res} - C_{res} = R + C$$

Toplota se stvara u telu, a gubi se iz pluća i preko kože tako što se prenosi kroz odeću u okolinu. Logična razmatranja, razumne pretpostavke i delovi iz literature daju jednačine za svaki od navedenih članova, koji se mogu izračunati iz šest osnovnih parametara ( $t_a$ ,  $t_r$ ,  $r_h$ ,  $v$ , Clo, Met).

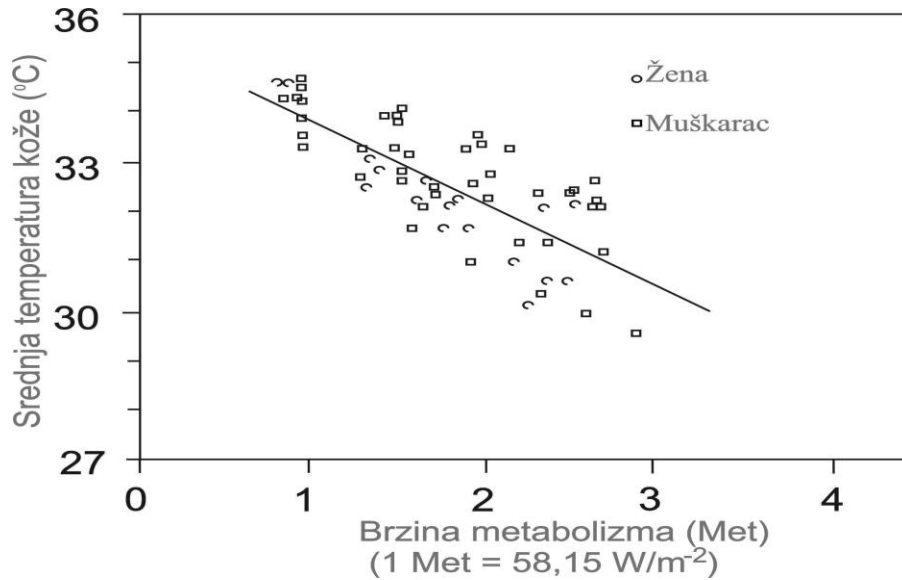
Ešra [105] je dao sledeću jednačinu toplotnog balansa (gde svi članovi imaju jedinicu  $W/m^2$ ):

$$M - W = Q_{sk} + Q_{res} = (C + R + E_{sk}) + (C_{res} + E_{res}),$$
$$E_{sk} = E_{rsw} + E_{dif}$$

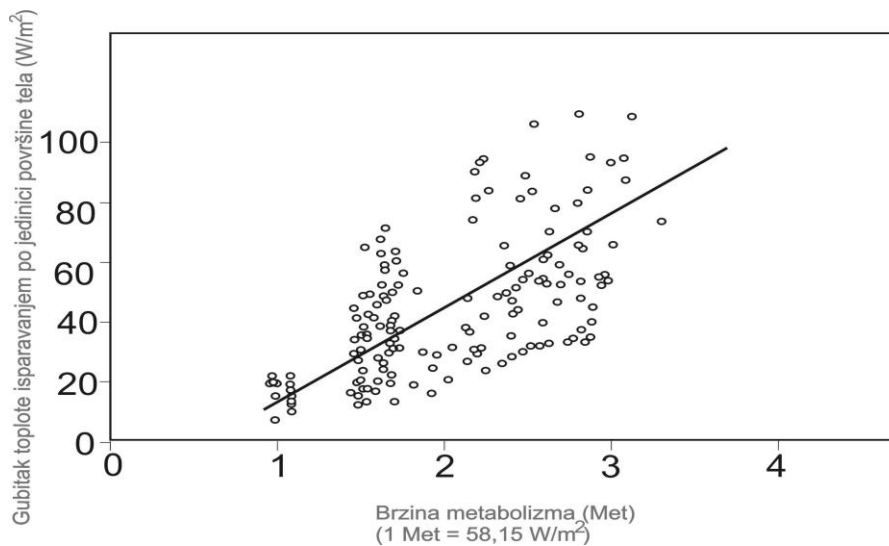
U toploj sredini zasićeni vazduh na temperaturi kože može se preneti direktno sa kože na vazduh putem otvora na odeći. Količina prenete toplote zavisi od brojnih faktora uključujući uslove okruženja (u veoma toploj okolini toplota će se prenesti na telo), stanje kože, dišljivost (ventilaciju) i dinamička svojstva odeće i aktivnost osobe [46].

Toplotna ravnoteža je potreban, ali ne i dovoljan uslov za komfor. Telo može biti u toplotnoj ravnoteži, ali mu može biti i neudobno toplo zbog znojenja ili neudobno hladno zbog

vazokonstrikcije i niskih temperatura kože. Temperatura kože i brzina znojenja potrebni za komfor zavise od nivoa aktivnosti. Tako na primer, prema literaturi [46], na slikama 9 i 10 prikazana je promena srednje temperature kože čoveka i gubitka toplote isparavanjem od brzine metabolizma (nivoa aktivnosti).



**Slika 9: Srednja temperatura kože u funkciji nivoa aktivnosti za osobe u termičkom komforu**



**Slika 10: Gubitak toplote isparavanjem u funkciji nivoa aktivnosti za osobe u termičkom komforu**



#### 4.6. Predviđanje srednje vrednosti ocene komfora i predviđanje procentualnog učešća nezadovoljnih osoba

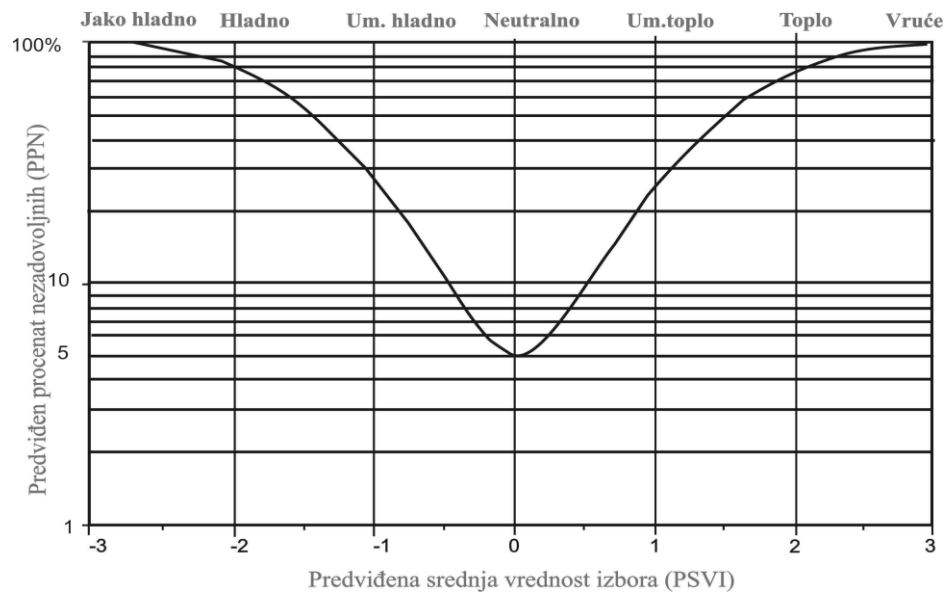
Da bi se obezbedio metod procene i analize termičkog okruženja, pretpostavljeno je da će stepen neudobnosti zavisiti od termičkog opterećenja ( $L_o$ ) [19]. Ovaj stepen je definisan kao razlika između unutrašnje proizvodnje toplote i gubitka toplote u stvarnom okruženju čoveka koji se hipotetički drži na vrednostima komfora. Karakterišu ga srednja vrednost temperature kože i znojenje pri stvarnom nivou aktivnosti. U uslovima komfora, termičko opterećenje će biti nula. Za odstupanja od komfora iskustveni toplotni osećaj biće u funkciji termičkog opterećenja i nivoa aktivnosti. Za aktivnost sedenja dati su podaci za četiri nivoa aktivnosti (1396 ispitanika je provelo 3 h u uniformama (bez KSU) procenjenim kao 0,6 Clo) [106, 107, 108]. Ovo daje jednačinu za predviđenu srednju vrednost izbora (PSVI) velike grupe ispitanika, ukoliko su ocenili svoje toplotne doživljaje u takvoj sredini prema skali datoj u tabeli 7:

*Tabela 7: Skala toplotnog doživljaja*

vruće	+3
toplo	+2
umereno toplo	+1
pre pranja	0
umereno hladno	-1
hladno	-2
jako hladno	-3

Fandger-ova tabela sa PSVI vrednostima za 3500 kombinacija promenljivih, danas je nepotrebna, jer se PSVI vrednosti lako mogu izračunati na kompjuteru [19, 109].

Predviđeno procentualno učešće nezadovoljnih (PPN) osoba pruža praktične informacije koje se odnose na broj klijenata koji će potencijano imati primedbe. Podaci nekoliko autora objašnjavaju odnos procentualnog učešća nezadovoljnih (PPD) osoba i srednje vrednosti izbora komfora ST1 (slika 11) [106, 107, 110, 111].



***Slika 11: Predviđeno procentualno učešće nezadovoljnih (PPN) osoba u funkciji indeksa predviđene srednje vrednosti izbora komfora (PSVI)***

## IV EKSPERIMENTALNI DEO

U radu su prikazani rezultati laboratorijskih ispitivanja fizičko-mehaničkih i termofizioloških karakteristika tkanina od kojih su sašiveni odevni predmeti (košulje, pantalone i jakne), subjektivno ocenjivanje termofizioloških osećaja pri nošenju istih odevnih predmeta, ocenjivanje termofizioloških karakteristika na sendvič uzorcima, kao i njihova korelacija u stvaranju osećaja toplotnog komfora.

### 1. KARAKTERISTIKE ISPITIVANIH MATERIJALA

Obzirom da na strukturu tkanina, veliki uticaj imaju karakteristike vlakana tj. pređe, analizirana su: pamučna vlakna trgovačkog naziva GIZA 70 i BOX 4, PES vlakno trgovačkog naziva ESLON, PES pređa trgovačkog naziva CONCORDIA TEXTILES 70/29/1 kao i sedam Co/PES pređa, koje se razlikuju po finoći, prekidnim silama, kao i po procentualnom učešću pamuka i PES vlakana.

Tkanine (uzorci 1-11) izrađene su od mešavine Co/PES, jedna tkanina je izrađena od 100 % PES, a tri uzorka od 100 % PES ali sa različitim membranama i nanosom. Međupostava predstavlja postavu koja je korišćena u izradi jakne.

Tkanine (uzorci 1-11) koje su izrađene u mešavini Co/PES se razlikuju po procentualnom učešću pamuka i poliestra. Tri tkanine imaju 63 % učešće pamuka, a ostalih 8 tkanina imaju 50 % pamuka. Uzorci tkanina 6 i 9 su isti artikli. Razlika se ogleda u postupku bojenja, jer je uzorak 9 ne obojen, a uzorak 6 je obojen. Korišćeni uzorci tkanina označeni su u tabeli 8.

***Tabela 8: Oznaka uzoraka tkanina iz mešavine Co/PES vlakana***

Oznaka uzorka	Sirovinski sastav Co/PES, %
Uzorak 1.	50,5/49,5
Uzorak 2.	63,8/36,2
Uzorak 3.	66,7/33,3
Uzorak 4.	48,8/51,2
Uzorak 5.	67,0/33,0
Uzorak 6.	51,6/48,4
Uzorak 7.	50,2/49,8

Uzorak 8.	50,7/49,3
Uzorak 9.	51,8/48,2
Uzorak 10.	50,0/50,0
Uzorak 11.	50,2/49,8

Tkanina izrađena od 100 % PES je bez membrane i nanosa, označena je kao uzorak 12. Uzorci 13, 14 i 15 imaju kao baznu tkaninu uzorak 12. Uzorak 13 je laminiran PTFE membranom, uzorak 14 PU membranom, a uzorak 15 predstavlja troslojni uzorak sa PU nanosom i flisom. Flis je pletenina od 100 % PES-a jednostrano čupavljena. Uzorci PES naslojeni različitim materijalima označeni su u tabeli 9.

**Tabela 9: Oznaka uzoraka tkanina iz PES vlakana**

Oznaka uzorka	Proizvodni naziv artikla
Uzorak 12.	Osnovni materijal 100 % PES (bez membrane i nanosa)
Uzorak 13.	100 % PES sa PTFE membranom
Uzorak 14.	100 % PES sa PU membranom
Uzorak 15.	100 % PES troslojna tkanina sa PU nanosom i flis ( pletenina od 100 % PES-a jednostrano čupavljena)

Istraživanje uticaja kvalitativnih karakteristika tkanina na termofiziološka svojstva odeće je veoma kompleksno. Tokom ispitivanja uočena je velika povezanost svih parametara tkanine na termofiziološka svojstva odeće. Ispitivanja su svrstana u dve grupe i to: fizičko-mehanička i termofiziološka.

## **2. METODE ISPITIVANJA**

Ispitivanje sirovina, eksperimentalnog materijala i odeće obuhvatila su tri celine i to:

1. Ispitivanje parametara vlakana, pređe i strukturnih parametara tkanina,
2. Ispitivanje termofizioloških karakteristika na pojedinačnim tkaninama, kao i na sendvič uzorcima. Sendvič uzorke čine tri sloja i to: prvi sloj je uzorak tkanina za košulju i pantalone mešavina Co/PES, drugi sloj je PES postava i treći sloj je uzorak za jaknu.
3. Subjektivno ocenjivanje parametara udobnosti odevnih predmeta pomoću ocenjivača.

Eksperimentalni rad u okviru predložene disertacije realizovan je u CIS Institutu i u pogonima proizvođača tekstilnih sirovina (Jumko –Vranje), tkanina (Jumko-Vranje, Concordia-Španija) i odeće (Proizvodnja Mile Dragić-Zrenjanin). U radu su korišćene standardizovane i nestandardizovane metode za karakterisanje i ispitivanje kvaliteta tekstilnih vlakana i materijala, metode biofizičke analize odevnog sistema na vrućoj ploči, metode termofizioloških proračuna za odevne sisteme i kontrolisane oglede nošenja kompleta odeće na osobama nosiocima u realnim uslovima eksploatacije. Takođe, primenjene su odgovarajuće metode matematičke obrade eksperimentalnih rezultata istraživanja.

Pri određivanju termofizioloških karakteristika tekstilnih materijala primenjen je prvi nivo evaluacije tekstilnih materijala prema metodologiji Instituta Hohenstein [110].

### **2.1. Subjektivno ocenjivanje parametara udobnosti odevnih predmeta pomoću ocenjivača**

Standard ISO 10551:1995 - Ergonomija toplotne sredine – Procena uticaja toplotne sredine koja koristi skale subjektivne ocene je u delu formiranja ankete imao veliki značaj jer je primenom sedmostepene skale omogućeno ispitanicima da precizno ocene osećaj koji su imali pri svakom merenju [112].

Za ispitivanje su odabrane košulja, pantalone i jakna. Metoda se zasnivala na anketiranju subjekata i prikupljanju njihovih mišljenja.

U anketi su kombinovana pitanja otvorenog i zatvorenog oblika. Pitanjima otvorenog oblika ispitaniku nisu postavljani kruti okviri za odgovor, a očekivalo se da njihova heuristička vrednost može pomoći u dodatnom otkrivanju problema istraživanja. Pitanja zatvorenog oblika

sa ponuđenim odgovorima korišćena su kako bi se povećala verifikacijska vrednost odgovora, olakšalo odgovaranje ispitanika i obrađivanje rezultata ankete. Prilikom oblikovanja ankete vodilo se računa da se izbegnu nerazumljivi termini, nedovoljno sažeti ponuđeni odgovori, neuključivanje svih mogućih odgovora i sugestivnost pitanja.

Medicinski upitnik (Prilog 1) bio je sastavni deo eksperimenta i predstavljao je deo procedure odabira učesnika u eksperimentu. S obzirom da se radilo o definisanju subjektivnog osećaja pri nošenju odevnih predmeta (košulja, pantalone i jakna), bilo je potrebno popuniti ovaj test kako bi se sa medicinskog stanovišta konstatovala sposobnost ispitanika da izdrži fizički i psihički napor, kao i toplotne razlike u navedenim odevnim predmetima.

Ispitivanje je vršeno u laboratoriji CIS Instituta. Ambijentalni uslovi pri kojima je vršeno ispitivanje su  $20 \pm 2$  °C, relativna vlažnost vazduha 65 % i prosečna brzina strujanja vazduha 0,2 m/s. Ispitanici su prvo nosili košulju i pantalone izrađene od mešavine Co/PES (uzorci br. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 i 11) i jaknu izrađenu od 100 % PES (uzorci br.12, 13, 14 i 15).

Ispitanici su imali obučene košulju i pantalone u prvom delu ocenjivanja, a u drugom delu su obukli i jaknu. Svi ispitanici su nosili i ocenili 11 uzoraka košulja sašivenih od 11 tkanina izrađenih od mešavine Co/PES, 11 uzoraka pantalona takođe sašivenih od 11 tkanina izrađenih od mešavine Co/PES i 4 jakne sašivene od poliestarskih uzoraka laminiranih različitim materijalima. Jakna je postavljena nelepljivom međupostavom.

Ispitivanje je trajalo je 2h 30 minuta i obuhvatalo je pet faza merenja, i to posle svakih 30 minuta:

- I- 30 min aklimatizacija
- II- 30 min umereni rad
- III- 30 min odmor
- IV- 30 min umereni rad
- V- 30 min odmor.

Aklimatizacija je obuhvatala stanje mirovanja – sedenje u laboratoriji. Umereni rad je obuhvatao smenjivanje sledećih pokreta: stajanje, sedenje, normalno hodanje, ubrzano hodanje, dizanje obe ruke iznad glave, čučnjevi, saginjanje i uzimanje predmeta.

Pri ocenjivanju udobnosti odevnog predmeta vodilo se računa o sledećem:  
-da ispitaniku odgovara veličinski broj odevnog predmeta,

- da odevni predmet ne ugrožava funkciju disanja,
- da ispitaniku ne stvara osećaj bola pri ispitivanju.

Vršeno je prikupljanje mišljenja ispitanika o toplotnom komforu na svakih pola sata, koristeći tačno iste skale. Primenjena je 7-stepena skala.

Formulacijom svih stepeni skale pružen je okvir (niz korisnih preporuka ispitanicima) kojim su ispitanici verbalno iskazivali svoja trenutna toplotna iskustva. Odgovor se sastojao u odabiru stepeni koji odgovaraju njihovom trenutnom mišljenju. Ovaj obrazac ne samo da je činio mogućim pokazivanje ocene odgovarajućoj ispitanikovojoj proceni, već je takođe locirao odgovor bilo gde u intervalima između ocena (tabele 10, 11 i 12).

Svi ispitanici su posle eksperimenta trebali popuniti ankete (prilog br. 2 i 3).

## 2.2. Afektivna procena za subjektivno ocenjivanje

Za sprovođenje ankete bitno je: sedmostepena skala – afektivna procena za subjektivno ocenjivanje (tabela 10), bodovanje odgovora prema ocenama iz skale (tabela 11) i ocena udobnosti odevnog predmeta prema broju bodova (tabela 12) [113].

**Tabela 10: Prikaz sedmostepene skale – afektivna procena za subjektivno ocenjivanje**

Vrlo hladno	--- 3 --- 2 ---1	0	+1 --- +2 --- +3	Vrlo toplo
Vrlo suvo	--- 3 --- 2 ---1	0	+1 --- +2 --- +3	Vrlo vlažno
Vrlo neudobno	--- 3 --- 2 ---1	0	+1 --- +2 --- +3	Vrlo udobno

**Tabela 11: Bodovanje odgovora prema ocenama iz skale**

Ocena iz skale	Broj bodova
0	0
-1 i +1	1
-2 i +2	2
-3 i +3	3

**Tabela 12: Ocena udobnosti odevnog predmeta prema broju bodova**

Broj bodova	Ocena udobnosti
61-75	Loše
46-60	Zadovoljavajuće
31-45	Dobro
16-30	Vrlo dobro
0-15	Odlično

### 2.3. Matematički model zavisnosti $R_{et}$ i $R_{ct}$ vrednosti od broja ciklusa pranja

Za određivanje zavisnosti vrednosti  $R_{et}$  i  $R_{ct}$  ispitivanih tekstilnih materijala od broja ciklusa pranja predlaže se odgovarajući matematički model.

Radi prikaza metode nelinearne regresije predstavljen je polinomni model, jer je on u velikoj meri jednostavniji od modifikovanog stepenog modela. Generalno se koristi isti metod minimizacije greške i kod stepenog i kod polinomnog modela, stim da se rešavaju različiti oblici sistema jednačina [114, 11524].

Za zadati niz parova podataka  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ , potrebno je naći zavisnost oblika  $y = a_0 + a_1x + \dots + a_mx^m$ , pri čemu je  $m \leq n - 2$ , tako da najbolje opisuje eksperimentalne podatke.

Odstupanje podataka u svakoj tački izračunava se prema:

$$E_i = y_i - a_0 - a_1x_i - \dots - a_mx_i^m$$

Suma kvadrata odstupanja:

$$S_r = \sum_{i=1}^n E_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i - \dots - a_mx_i^m)^2$$

Da bi se izračunale konstante u polinomnom modelu potrebno je diferencirati model po konstantama  $a_i, i = 1 \dots n$ , a zatim te diferencijale izjednačiti sa nulom jer je izvod konstante jednak nuli. Nakon diferenciranja dobija se:



$$\begin{aligned}\frac{\partial S_r}{\partial a_0} &= \sum_{i=1}^n 2 \cdot (y_i - a_0 - a_1 x_i - \dots - a_m x_i^m)(-1) = 0, \\ \frac{\partial S_r}{\partial a_1} &= \sum_{i=1}^n 2 \cdot (y_i - a_0 - a_1 x_i - \dots - a_m x_i^m)(-x_i) = 0 \\ &\vdots \\ \frac{\partial S_r}{\partial a_m} &= \sum_{i=1}^n 2 \cdot (y_i - a_0 - a_1 x_i - \dots - a_m x_i^m)(-x_i^m) = 0\end{aligned}$$

Sređivanjem, jednačine se mogu prikazati u matičnom obliku:

$$\begin{bmatrix} n & \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) & \dots & \left(\sum_{i=1}^n x_i^m\right) \\ \left(\sum_{i=1}^n x_i\right) & \left(\sum_{i=1}^n x_i^2\right) & \dots & \left(\sum_{i=1}^n x_i^{m+1}\right) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \left(\sum_{i=1}^n x_i^m\right) & \left(\sum_{i=1}^n x_i^{m+1}\right) & \dots & \left(\sum_{i=1}^n x_i^{2m}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_i^m y_i \end{bmatrix}$$

Ovaj sistem jednačina rešava se po konstantama  $a_0, a_1, \dots, a_m$ .

Kao mera kvaliteta fitovanja eksperimentalnih podataka dobijenom empirijskom formulom, koristi se srednje kvadratno odstupanje formule od eksperimentalnih vrednosti, definisano kao:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n E_i^2}{n - (m + 1)} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2}{n - (m + 1)}$$

gde je  $f(x_i)$  vrednost aproksimirane funkcije u svakoj tački, imenilac izraza predstavlja broj stepena slobode koji je u statistici definisan kao razlika broja eksperimentalnih tačaka i ukupnog broja parametara  $a_0, a_1, \dots, a_m$ . Dakle, što je vrednost  $S$  manja, to empirijska formula bolje fituje eksperimentalne podatke.

### 3. REZULTATI ISPITIVANJA

#### 3.1. REZULTATI ISPITIVANJA VLAKANA I STRUKTURNIH PARAMETARA TKANINA

##### 3.1.1. Karakteristike pamučnih i polestarskih vlakana

U tabelama 13 i 14 prikazani su rezultati ispitivanja tj. fizičko-mehaničke i hemijske karakteristike pamučnih vlakana GIZA 70 FG-1/4 - dugo vlakno (zemlja porekla Egipat) i BOX 4 – srednje vlakno (zemlja porekla Grčka). U tabeli 15 prikazani su rezultati ispitivanja tj. fizičko-mehaničke i hemijske karakteristike PES vlakana ESLON - štapelno vlakno (zemlja porekla Egipat).

**Tabela 13: Karakteristike sirovog pamučnog vlakna GIZA 70 FG-1/4**

Elementi ispitivanja	Metode ispitivanja	Jedinica mere	Dobijene vrednosti
1. Dužina vlakna	ISO 6989:1981	mm	35/36
2. Boja	SRPS F.S2.241:1984	/	bela
3. Primese i nečistoće	SRPS F.S2.235:1972	%	3,95
4. Kaustična zrelost	SRPS F.S2.230:1972	index	77
5. Finoća	ISO 2403:1972	mikroner	3,8
6. Prekidna sila (PRESSLEY)	ISO 3060:1974	P.I. p.s.i.	8,2 89000
7. Vlakna ispod 10mm	SRPS F.S2.219:1972	%	13,8
8. Sadržaj vlage	SRPS F.S2.010:1972	%	2,27
9. Sirovinski sastav pamuk	SRPS F.S3.139/1:1992 ISO 1833-11:2006	%	100

**Tabela 14: Karakteristike sirovog pamučnog vlakna BOX 4**

Elementi ispitivanja	Metode ispitivanja	Jedinica mere	Dobijene vrednosti
1. Dužina vlakna	ISO 6989:1981	mm	27/28
2. Boja	SRPS F.S2.241:1984	/	bela
3. Primese i nečistoće	SRPS F.S2.235:1972	%	2,60
4. Kaustična zrelost	SRPS F.S2.230:1972	index	79
5. Finoća	ISO 2403:1972	mikroner	4,6
6. Prekidna sila (PRESSLEY)	ISO 3060:1974	P.I. p.s.i.	8,5 92000
7. Vlakna ispod 10mm	SRPS F.S2.219:1972	%	14,1
8. Sadržaj vlage	SRPS F.S2.010:1972	%	2,43
9. Sirovinski sastav pamuk	SRPS F.S3.139/1:1992 ISO 1833-11:2006	%	100

**Tabela 15: Karakteristike PES vlakana ESLON**

Elementi ispitivanja	Metode ispitivanja	Jedinica mere	Dobijene vrednosti
1. Dužina vlakna	ISO 6989:1981, metoda A	mm	38
2. Finoća vlakna	SRPS EN ISO 1973:2012	dtex	1,4
3. Kovrdžavost vlakana	SRPS EN ISO 1973:2012	Broj kovrdža/10mm	3,5
4. Prekidna sila vlakana	SRPS ISO 5079:2002	cN/tex	56,6
5. Prekidno izduženje	SRPS ISO 5079:2002	%	56,2
6. Avivaža	SRPS F.S1.021:1989	%	0,3
7. Sirovinski sastav PES	ISO 1833-24:2010	%	100
8. Količina slepljenih vlakana	SRPS F.S2.216:1964	br. grupa slepljenih vlakana	0
9. Sadržaj sredstava za matiranje, TiO <sub>2</sub>	SRPS F.S1.023:1970, metoda A	%	0,30
10. Matiranje	-	ocena	polumat

Za polumat vlakna sa TiO<sub>2</sub> iznosi od 0,3 – 0,5 %.

### 3.1.2. Karakteristike PES filamentne i Co/PES pređa

Rezultati ispitivanja fizičko-mehaničkih i hemijskih karakteristika Co/PES pređa predstavljene su u tabeli 16.

**Tabela 16: Karakteristike Co/PES pređa**

Elementi ispitivanja	Metode ispitivanja	Jedinica mere	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Uzorak 5	Uzorak 6	Uzorak 7
Sirovinski sastav	ISO 1833-1:2006 ISO 1833-11:2006 ISO 1833-24:2009	%	50 % Co 50 % PES	50 % Co 50 % PES	67 % Co 33 % PES	67 % Co 33 % PES	50 % Co 50 % PES	67 % Co 33 % PES	50 % Co 50 % PES
Prekidna sila	SRPS EN ISO 2062:2012	cN	368,8	490,8	255,6	280,2	348	260	362
Prekidno izduženje	SRPS EN ISO 2062:2012	%	7,8	7,1	4,6	5,6	6,4	4,8	5,5
Pravac upredanja i broj uvoja pređe	SRPS EN ISO 2061:2012	m <sup>-1</sup>	1x-756 Z 2x-192 S	1x-674 Z 2x-171 S	1x-965 Z 2x-245 S	1x-934 Z 2x-237 S	1x-665 Z	1x-645 Z	1x-660 Z
Finoća pređe	SRPS EN ISO 2060:2012	tex	20x2	25x2	14,3x2	15,4x2	41,7x1	35,7x1	29,4x1
Ravnomernost na Usteru	ISO 16549:2004								
- tanka mesta		broj	5	/	16	5	/	/	1
- debela mesta		broj	85	28	49	61	35	79	48
- broj nopa		broj	45	33	27	38	48	16	31
- U (Uster)		%	14,6	12,1	15,2	14,4	10,1	10,3	10,7

U tabeli 17 prikazano je koje pređe su korišćene pri tkanju tkanina (uzorci 1-11).

**Tabela 17: Primene Co/PES pređa**

Oznaka pređe	Vrsta pamučnog vlakna	Oznaka uzorka tkanine
Uzorak 1	Box 4	Uzorak tkanine 10-pređa za osnovu Uzorak tkanine 11- pređa za osnovu Uzorak tkanine 11-pređa za potku
Uzorak 2	Box 4	Uzorak tkanine 1- pređa za osnovu Uzorak tkanine 1- pređa za potku Uzorak tkanine 4- pređa za osnovu Uzorak tkanine 8- pređa za osnovu
Uzorak 3	Giza 70	Uzorak tkanine 2- pređa za osnovu
Uzorak 4	Giza 70	Uzorak tkanine 3- pređa za osnovu Uzorak tkanine 3- pređa za potku Uzorak tkanine 5- pređa za osnovu Uzorak tkanine 5- pređa za potku
Uzorak 5	Box 4	Uzorak tkanine 4- pređa za potku Uzorak tkanine 8- pređa za potku Uzorak tkanine 10- pređa za potku
Uzorak 6	Giza 70	Uzorak tkanine 2- pređa za potku
Uzorak 7	Box 4	Uzorak tkanine 6- pređa za osnovu Uzorak tkanine 6- pređa za potku Uzorak tkanine 7- pređa za osnovu Uzorak tkanine 7- pređa za potku Uzorak tkanine 9- pređa za osnovu Uzorak tkanine 9- pređa za potku

Rezultati ispitivanja fizičko-mehaničkih i hemijskih karakteristika PES filamentne pređe predstavljene su u tabeli 18.

**Tabela 18: Karakteristike PES filamentne pređe**

R.br.	Elementi ispitivanja	Metode ispitivanja	Jedinica mere	Dobijene vrednosti
1.	Sirovinski sastav	ISO 1833-1:2006	%	100 % PES
2.	Finoća	SRPS EN ISO 2060:2012	tex	osnova 8,3x1
				potka 8,4x1
3.	Broj fibrila	vizuelno brojanje	broj	osnova 36
				potka 68
4.	Prekidna sila	SRPS EN ISO 2062:2012	cN	u pravcu osnove 281
				u pravcu potke 261,2
	Srednja vrednost		cN/tex	osnova 33,8
	cV prekidne sile		%	potka 31,1
				osnova 3,6
5.	Prekidno izduženje	SRPS EN ISO 2062:2012	%	potka 5,0
				osnova 22,8
6.	Prepletenost pređe	/	Broj prepletenih mesta·m <sup>-1</sup>	potka 20,7
				osnova 110-115
7.	Upredenost pređe	SRPS ISO 2061:2012	/	potka 110-115
				/

### 3.1.3. Rezultati ispitivanja fizičko-mehaničkih i hemijskih parametara tkanina izrađenih od mešavine Co/PES

#### 3.1.3.1. Pregled fizičko-mehaničkih i hemijskih karaktetistika tkanina izrađenih od mešavine Co/PES (uzorci 1-11)

U tabeli 19 predstavljeni su rezultati ispitivanja tj. fizičko-mehaničke i hemijske karakteristike tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES.

**Tabela 19: Rezultati fizičko-mehaničkih i hemijskih karaktetistika tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES**

	Jedinice mere	1	2	3	4	5	6	7	8	9 sirovo	10	11
Sirovinski sastav -pamuk ISO 1833-11:2006 -poliester ISO 1833-24:2010	%	50,5	63,8	66,7	48,8	67	51,6	50,2	50,7	51,8	50	50,2
Debljina ISO 5084:1996	mm	0,48	0,35	0,35	0,48	0,35	0,67	0,42	0,60	0,43	0,58	0,45
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	267,1	211,5	191,3	277,7	162,1	252,7	208,6	298,1	236,8	335,7	266,8
Gustina žica -osnove -potke ISO 7211-2:1984	cm <sup>-1</sup>	31 17,1	35,8 22,3	36,2 19,6	30,6 22,0	27,7 19,6	48 26	44 21	30,9 26,0	44,3 25,6	50 27	34,7 28,7
Finoća pređe -osnove -potke SRPS ISO 2060:2012	tex	26,2x2 26,1x2	13,8x2 36x1	15,3x2 15,2x2	26,5x2 43,1x1	14,9x2 16,4x2	30,7x1 29,8x1	28,9x1 29,6x1	25,8x1 41,7x1	29,6x1 29,5x1	20x2 41,4x1	20,6x2 21,8x2
Prepletaj		Kombino vani platno- rips	Kombino vani platno- rips	Kombino vani platno- rips	Kombino vani platno- rips	Kombino vani platno- rips	Keper <u>3</u> 1	Keper <u>2</u> 1	Keper <u>3</u> 1	Keper <u>3</u> 1	Keper <u>3</u> 1	Keper <u>2</u> 2
Raport -po osnovi -po potki	Ro Rp	24 16	21 15	21 13	20 16	15 11	4 4	3 3	4 4	4 4	4 4	4 4
Promena efekta -po osnovi -po potki		1 1	1 2	2 1	1 1	2 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
Prekidne sile	N											

- u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 13934-1:2008		1509 808	1107 779	1288 644	1609 1054	913 377	1515 774	1086 496	1640 1163	1562 900	1892 1254	1219 828
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke EN ISO 13937-2:2000	N	36,4 49,6	33,2 45,0	32,6 43,1	39,6 54,3	31,3 41,7	14,3 16,5	13,6 15,7	16,7 19,9	16,7 18,3	18,7 22,9	15,2 17,9

### 3.1.3.2. Prikaz karakteristika tkanina iz mešavine Co/PES tokom različitog broja pranja

U tabelama 20-30 prikazani su rezultati ispitivanja tj. praćenje promena fizičko-mehaničkih karakteristika tkanina

(uzorci 1-11) pri 50 ciklusa pranja.

**Tabela 20: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorak 1) pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	267,1	267,0	267,0	267,0	266,9	266,9	266,8	266,7	266,7	266,7	266,6
Prekidne sile - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 13934-1:2008	N	1509 808	1505 792	1520 790	1473 764	1452 753	1413 703	1395 662	1372 655	1350 675	1347 623	1326 613
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke EN ISO 13937-2:2000	N	36,4 49,6	36,2 49,2	35,9 48,6	35,2 44,2	35,1 44,5	35,3 43,6	34,6 43,1	34,8 42,5	34,6 42,7	34,3 42,4	34,4 42,5



**Tabela 21: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorak 2) pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	211,5	211,5	211,2	211,1	211,0	210,9	210,7	210,6	210,3	209,8	209,3
Prekidne sile - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 13934-1:2008	N	1107 779	1123 772	1101 751	1113 732	1051 735	922 721	937 728	952 702	897 685	895 667	870 670
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke EN ISO 13937-2:2000	N	33,2 45,0	32,7 44,2	32,2 43,7	31,4 42,6	31,6 42,8	31,2 42,1	30,6 41,7	30,8 41,5	30,4 41,0	30,4 40,7	30,2 40,8

**Tabela 22: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorak 3) pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	191,3	191,2	191,0	190,9	190,8	190,7	190,5	190,4	190,2	190,1	189,9
Prekidne sile - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 13934-1:2008	N	1288 644	1273 648	1299 632	1311 630	1275 583	1269 590	1275 550	1261 567	1243 532	1265 542	1253 515
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke EN ISO 13937-2:2000	N	32,6 43,1	32,7 42,7	30,4 40,8	29,2 39,7	29,1 39,5	28,6 39,6	28,2 39,3	27,9 38,7	28,1 38,9	27,6 38,4	27,5 38,6

**Tabela 23: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorak 4) pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	277,7	277,5	277,4	277,2	277,1	277,0	276,9	276,8	276,5	276,4	276,3
Prekidne sile - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 13934-1:2008	N	1609 1054	1598 1032	1621 1044	1523 957	1552 912	1497 843	1525 862	1472 839	1469 840	1472 827	1432 821
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke EN ISO 13937-2:2000	N	39,6 54,3	38,8 52,7	37,2 51,5	36,7 50,2	36,9 49,6	36,2 49,8	35,9 48,7	35,6 48,3	35,8 47,5	35,6 47,7	35,3 47,2

**Tabela 24: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorak 5) pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	162,1	161,7	161,5	161,4	161,2	161,1	160,9	160,7	160,4	160,1	160,0
Prekidne sile - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 13934-1:2008	N	913 377	902 362	871 354	831 297	822 267	785 256	777 231	732 212	663 201	654 195	633 172
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke EN ISO 13937-2:2000	N	31,3 41,7	30,2 40,2	29,4 39,4	28,8 38,2	28,4 38,0	28,6 37,2	27,9 37,4	27,7 36,6	27,9 36,8	27,6 36,4	27,2 36,5

**Tabela 25: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorak 6) pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	252,7	252,6	252,5	252,1	252,0	251,9	251,7	251,6	251,5	251,3	251,3
Prekidne sile - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 13934-1:2008	N	1515 774	1500 774	1475 762	1425 745	1431 732	1405 752	1385 750	1407 735	1362 728	1355 705	1362 707
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke EN ISO 13937-2:2000	N	14,3 16,5	13,6 15,7	12,4 14,9	11,7 14,2	11,8 13,8	11,2 13,9	11,3 13,6	11,0 13,8	10,9 13,5	11,3 13,2	11,2 13,4

**Tabela 26: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorak 7) pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	208,6	208,4	208,0	207,3	207,1	206,9	206,6	205,9	205,8	205,4	205,3
Prekidne sile - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 13934-1:2008	N	1086 496,0	1076 470,2	1032 475,3	985 461,2	862 435	885 440,3	887 431	853 435,7	862 415,2	864 398	875 403
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke EN ISO 13937-2:2000	N	13,6 15,7	13,1 14,8	12,6 13,9	12,1 13,6	12,1 13,8	12,1 13,6	11,9 13,1	11,8 12,9	12,1 12,7	11,8 12,8	11,6 12,6

**Tabela 27: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorak 8) pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	298,1	297,9	297,9	297,5	297,3	297,1	296,9	296,7	296,7	296,6	296,5
Prekidne sile - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 13934-1:2008	N	1640 1163	1610 1153	1571 1127	1510 1043	1435 1048	1415 1023	1427 1027	1395 992	1362 935	1371 948	1361 956
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke EN ISO 13937-2:2000	N	16,7 19,9	15,3 18,8	15,5 18,4	14,9 17,9	14,7 18,1	14,2 17,3	14,5 17,4	13,9 16,9	14,1 17,0	13,6 16,6	13,4 16,7

**Tabela 28: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorak 9) pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	236,8	236,8	236,7	236,6	236,6	236,2	235,9	235,8	234,5	233,7	233,2
Prekidne sile - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 13934-1:2008	N	1562 900	1523 892	1489 861	1437 853	1425 850	1399 831	1405 822	1410 807	1382 812	1351 798	1321 792
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke EN ISO 13937-2:2000	N	16,7 18,3	16,1 18,2	15,2 17,3	14,6 16,8	14,3 16,4	13,9 16,1	14,2 16,3	13,7 15,9	13,5 15,6	13,6 15,7	13,4 15,4

**Tabela 29: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorak 10) pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	335,7	335,6	335,6	335,3	335,1	334,9	334,8	334,7	334,6	334,2	334,0
Prekidne sile - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 13934-1:2008	N	1892 1254	1890 1229	1832 1197	1805 1178	1833 1153	1852 1162	1803 1132	1785 1145	1799 1127	1763 1130	1751 1125
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke EN ISO 13937-2:2000	N	18,7 22,9	18,4 22,1	17,8 21,3	16,9 19,8	16,6 20,1	16,1 19,6	15,8 19,1	16,1 18,8	15,6 18,9	15,3 18,6	15,5 18,7

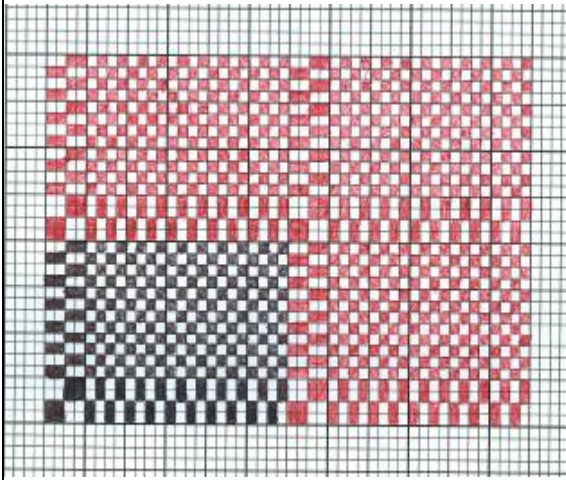


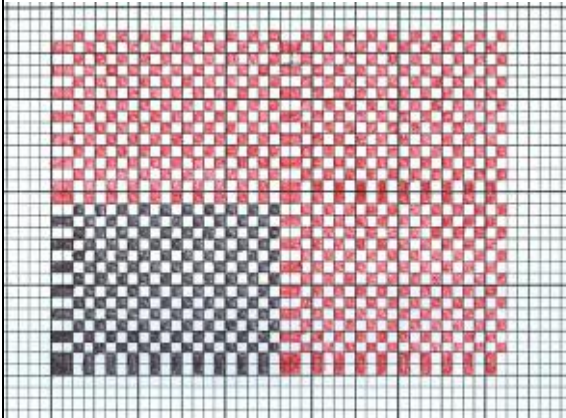


**Tabela 30: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorak 11) pri 50 ciklusa pranja**

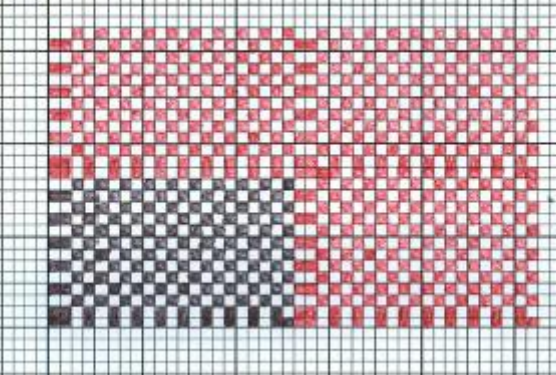


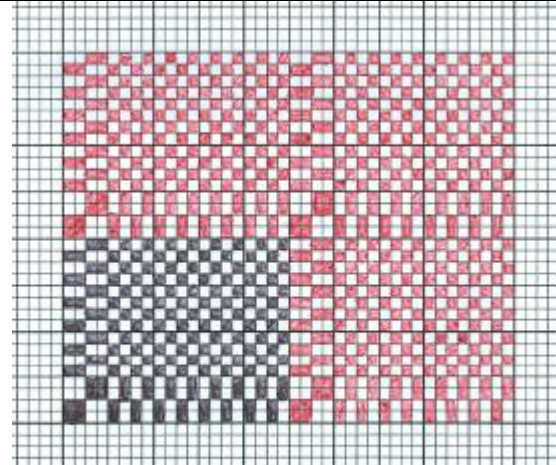


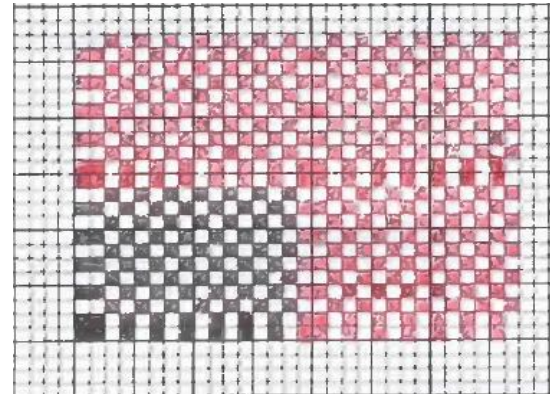


	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	266,8	266,7	266,6	266,4	266,3	266,1	265,7	265,5	265,3	265,2	264,9
Prekidne sile - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 13934-1:2008	N	1219 828	1215 818	1183 779	1153 762	1152 759	1121 765	1125 743	1075 725	1088 704	1043 713	1039 703
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke EN ISO 13937-2:2000	N	15,2 17,9	14,6 17,2	14,2 16,5	13,6 15,8	13,2 15,1	13,0 14,9	12,8 14,8	12,7 14,7	12,9 14,6	12,5 14,5	12,3 14,4













### 3.1. 4. Prepletaji tkanina izrađenih od mešavine Co/PES

U tabeli 31 prikazani su prepletaji za tkanine (uzorci 1-11) izrađene od mešavine Co/PES, kao i izgled tkanina.

**Tabela 31: Prepletaji tkanina izrađenih od mešavine Co/PES i izgled tkanina**

Uzorak	Šema prepletaja	Izgled tkanine	
		Lice	Naličje
1.			
2.			

<p>3.</p>			
<p>4.</p>			
<p>5.</p>			

6.	Četvorožični Z keper osnovinog efekta		
7.	Trožični Z keper osnovinog efekta		
8.	Četvorožični Z keper osnovinog efekta		
9.	Četvorožični Z keper osnovinog efekta		
10.	Četvorožični Z keper osnovinog efekta		
11.	Četvorožični pojačani Z keper		



### 3.1.5. Pregled fizičko-mehaničkih i hemijskih karakteristika uzoraka izrađenih od 100 % PES i naslojenih različitim materijalima

U tabeli 32 predstavljeni su rezultati ispitivanja tj. fizičko-mehaničke i hemijske karakteristike uzoraka izrađenih od 100 % PES i laminiranih različitim membranama i nanosom (uzorci 12-15).

**Tabela 32: Pregled fizičko-mehaničkih i hemijskih karakteristika uzoraka izrađenih od 100 % PES i laminiranih različitim membranama i nanosom**

	Jedinica mere	Uzorak 12	Uzorak 13	Uzorak 14	Uzorak 15
Sirovinski sastav -poliester ISO 1833-24:2010	%	100 % PES	100 % PES sa PTFE membranom	100 % PES sa PU membranom	100 % PES troslojna tkanina sa PU nanosom i flisom
Površinska masa ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	107,3	138,5	169,0	205,6
Debljina ISO 5084:1996	mm	0,18	0,21	0,21	0,38
Gustina žica -osnove -potke ISO 7211-2:1984	cm <sup>-1</sup>	69,0 47,6	70,0 48,3	68,0 46,0	68,0 47,3
Finoća pređe -osnove -potke SRPS ISO 2060:2012	tex	8,5x1 8,5x1	8,7x1 9,2x1	8,7x1 9,3x1	8,6x1 8,9x1
Prekidne sile - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 1421:2008	N	1017 692	1043 713	1110 834	1181 847
Sile cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 4674-1:2008, metoda B	N	31,0 28,0	34,1 32,6	39,2 36,1	33,2 28,7

### 3.1.5.1. Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika uzoraka 12-15 tokom različitog broja pranja

U tabelama 33-36 prikazani su rezultati ispitivanja tj. praćenje promena fizičko-mehaničkih i hemijskih karakteristika uzoraka 12-15 pri 50 ciklusa pranja.

**Tabela 33: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika uzorka 12 pri 50 ciklusa pranja**

	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1997 (g/m <sup>2</sup> )	107,3	107,0	107,0	106,8	106,6	106,5	106,3	106,1	106,0	105,9	105,9
Prekidna sila - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 1421:2008 (N)	1017 692	993 687	981 675	956 670	958 671	950 668	952 664	943 652	946 644	932 627	931 606
Sila cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 4674-1:2008, metoda B (N)	31,0 28,0	28,9 25,6	28,9 25,7	28,4 25,7	28,4 25,7	28,0 25,4	27,6 25,4	27,9 25,3	27,7 25,0	27,5 25,2	27,5 24,7

**Tabela 34: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika uzorka 13 pri 50 ciklusa pranja**

	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1997 (g/m <sup>2</sup> )	138,5	137,7	137,2	136,7	136,8	136,8	136,4	136,5	136,5	136,2	136,0
Prekidna sila - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 1421:2008 (N)	1043 713	1003 693	997 692	1000 694	995 692	943 687	948 683	956 662	908 630	915 621,5	902 595,2
Sila cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 4674- 1:2008, metoda B (N)	34,1 32,6	33,8 32,6	33,8 32,4	33,6 32,1	33,2 32,0	33,2 31,7	32,9 31,7	32,9 31,5	32,6 31,2	32,1 30,8	31,8 30,5

**Tabela 35: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika uzorka 14 pri 50 ciklusa pranja**

	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1997 (g/m <sup>2</sup> )	169,0	169,0	168,9	168,5	168,6	168,3	167,7	167,5	167,2	167,2	166,8
Prekidna sila - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 1421:2008 (N)	1110 834	1096 812	1097 823	1123 833	1112 790	1071 797	1091 795	1071 796	1031 773	1095 741	1059 725
Sila cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 4674- 1:2008, metoda B (N)	39,2 36,1	35,9 33,3	32,5 31,8	31,7 30,5	31,6 30,5	30,5 31,2	30,0 30,7	29,2 29,3	29,2 28,8	28,9 28,2	27,5 26,8



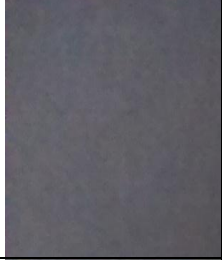
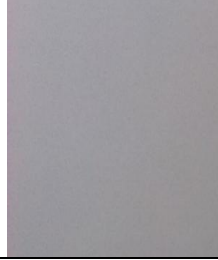
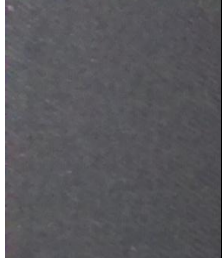
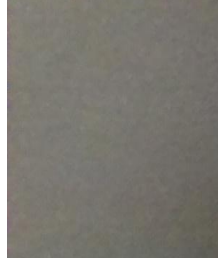
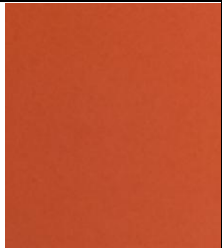
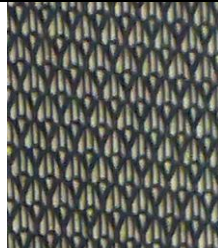
**Tabela 36: Prikaz promena fizičko-mehaničkih karakteristika uzorka 15 pri 50 ciklusa pranja**

	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Površinska masa ISO 3801:1997 (g/m <sup>2</sup> )	205,6	205,4	205,1	204,7	204,5	204,1	204,1	203,9	203,6	203,5	203,1
Prekidna sila - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 1421:2008 (N)	1181 847	1115 840	1146 840	1140 837	1132 832	1040 825	1036 823	1030 820	1027 821	1027 816	1023 811
Sila cepanja - u pravcu osnove - u pravcu potke SRPS EN ISO 4674-1:2008, metoda B (N)	33,2 28,7	32,7 28,7	31,2 27,0	30,4 26,9	29,2 24,1	28,8 23,9	28,4 22,1	28,1 21,7	27,8 20,9	26,5 17,5	26,2 16,2

### 3.1.5.2. Izgled uzoraka izrađenih od 100 % PES

Tabela 37 prikazuje izgled uzoraka izrađenih od 100 % PES i laminiranih različitim membranama (uzorci 12-15). Prepletaj osnovne tkanine je platneni.

*Tabela 37: Izgled uzoraka izrađenih od 100 % PES i laminiranih različitim membranama*

Uzorak	Izgled uzoraka	
	Lice	Naličje
12.		
13.		
14.		
15.		

### 3.1.6. Pregled karakteristika nelepljive međupostave izrađene od 100 % PES

U tabeli 38 predstavljeni su rezultati ispitivanja tj. fizičko-mehaničke i hemijske karakteristike nelepljive međupostave

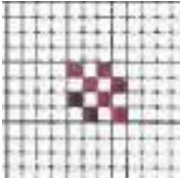
**Tabela 38: Karakteristike nelepljive međupostave**

Elementi ispitivanja	Metode ispitivanja	Jedinica mere	Dobijene vrednosti
1. Sirovinski sastav - PES	ISO 1833-24:2010	(%)	100
2. Površinska masa	ISO 3801:1977	g/m <sup>2</sup>	85

#### 3.1.6.1. Prepletaj nelepljive međupostave

Tabela 39 prikazuje prepletaj nelepljive međupostave.

**Tabela 39 : Prepletaj nelepljive međupostave**

Uzorak	Šema prepletaja
Međupostava	

### 3.2. REZULTATI ISPITIVANJA OTPORNOSTI TKANINA PROLAZU TOPLOTE I VODENE PARE

#### 3.2.1. Rezultati ispitivanja termofizioloških parametara tkanina izrađenih od mešavine Co/PES

U tabeli 40 prikazani su rezultati ispitivanja termofizioloških karakteristika (propustljivost vazduha,  $R_{et}$ ,  $R_{ct}$ , vodoodbojnost, vodoodbojnost prema Bundesmanu, vodonepropustljivost, apsolutno suva površinska masa i površinska masa uzorka merena posle odležavanja 1h u aparatu za merenje otpornosti protoka vodene pare) tkanina izrađenih od mešavine Co/PES (uzorci 1-11).

**Tabela 40: Pregled termofizioloških karakteristika tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES**

	Jedinice mere	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Propustljivost vazduha Srednja vrednost ISO 9237:1995	mm/s	31,9	68,5	82,9	15,5	30,7	32,4	52,5	22,7	50,8	14,8	23,3
$R_{et}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> Pa/W	2,24	1,96	1,6	2,86	1,47	3,35	1,76	3,79	2,9	4,33	2,98
$R_{ct}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> K/W	0,021	0,024	0,023	0,018	0,021	0,027	0,011	0,021	0,009	0,024	0,007
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	61,53	62,71	60,36	61,15	67,13	61,73	61,75	61,10	60,62	63,78	64,13
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm H <sub>2</sub> O	15	25	17	20	15	21	17	16	23	18	20
Apsolutno suva površinska masa	g/m <sup>2</sup>	254,5	199,0	182,3	264,7	154,3	248,8	202,1	285,4	226,8	333,1	245,6
Površinska masa uzorka merena posle odležavanja 1h u aparatu za merenje otpornosti protoka vodene pare	g/m <sup>2</sup>	266,7	213,6	190,3	279,2	163,1	274,9	218,7	300,2	235,3	344,7	272,5
Fi	%	4,79	7,34	4,39	5,48	5,70	10,49	8,19	5,19	3,75	3,48	10,95
$i_{int}$ ( $R_{ct}/R_{et}$ )	-	0,0094	0,0123	0,0144	0,0063	0,0143	0,0081	0,0063	0,0056	0,0031	0,0055	0,0023

### 3.2.2. Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanina (uzorci 1-11) pri 50 ciklusa pranja

U tabelama 41-51 prikazano je praćenje promena termofizioloških karakteristika tkanina (uzorci 1-11) pri 50 ciklusa pranja.

**Tabela 41: Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanine uzorak 1 pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Propustljivost vazduha Srednja vrednost ISO 9237:1995	mm/s	31,9	32,3	31,7	29,1	28,3	28,5	26,9	27,2	26,9	26,4	26,3
R <sub>et</sub> ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> Pa/W	2,24	2,26	2,31	2,30	2,85	3,10	3,55	3,57	3,90	4,05	4,15
R <sub>ct</sub> ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> K/W	0,021	0,021	0,021	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	61,53	61,72	61,75	61,93	72,15	72,31	72,33	72,51	72,61	72,95	73,12
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm H <sub>2</sub> O	15	15	15	11	11	10	9	8	7	7	7

**Tabela 42: Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanine uzorak 2 pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ISO 9237:1995	mm/s	68,5	67,3	66,7	62,1	61,2	56,1	55,2	57,7	54,2	54,5	53,2
R <sub>et</sub> ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> Pa/W	1,96	1,96	1,97	2,13	3,05	3,15	3,25	3,31	3,34	3,52	3,85
R <sub>ct</sub> ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> K/W	0,024	0,022	0,022	0,022	0,017	0,017	0,017	0,016	0,015	0,015	0,014
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	62,71	63,15	64,1	69,35	70,1	72,11	73,4	75,2	75,3	74,85	74,15
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm H <sub>2</sub> O	25	25	25	19	19	19	17	17	17	17	14



**Tabela 43: Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanine uzorak 3 pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ISO 9237:1995	mm/s	82,9	83,4	81,7	75,3	73,2	71,2	72,1	70,3	69,8	67,3	67,3
$R_{et}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> Pa/W	1,6	1,6	1,9	2,8	3,4	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8
$R_{ct}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> K/W	0,023	0,023	0,023	0,023	0,019	0,019	0,019	0,019	0,017	0,017	0,017
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	60,36	61,72	62,33	63,21	63,92	65,52	68,13	70,10	70,93	70,52	71,13
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm H <sub>2</sub> O	17	17	16	16	16	15	15	14	13	13	12

**Tabela 44: Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanine uzorak 4 pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ISO 9237:1995	mm/s	15,5	15,1	14,9	14,8	14,7	14,5	14,4	14,3	14,3	14,3	14,2
$R_{et}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> Pa/W	2,86	2,91	3,10	3,10	5,80	5,71	5,95	6,30	6,25	5,91	6,13
$R_{ct}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> K/W	0,018	0,018	0,018	0,018	0,017	0,016	0,016	0,015	0,014	0,014	0,014
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	61,15	62,15	63,17	64,15	67,80	68,29	69,17	70,2	72,15	73,78	75,26
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm H <sub>2</sub> O	20	20	19	18	16	16	16	15	13	12	12

**Tabela 45: Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanine uzorak 5 pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ISO 9237:1995	mm/s	30,7	29,6	28,7	28,3	27,4	27,2	27,1	26,7	26,6	26,4	26,3
$R_{et}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> Pa/W	1,47	1,49	2,15	2,72	2,76	2,85	2,92	3,10	3,12	3,25	3,47
$R_{ct}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> K/W	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	67,13	68,25	68,71	70,28	71,13	71,52	72,15	75,38	76,78	77,30	78,32
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm H <sub>2</sub> O	15	15	14	13	10	10	9	9	7	7	7

**Tabela 46: Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanine uzorak 6 pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ISO 9237:1995	mm/s	32,4	32,4	31,7	25,6	25,7	25,1	24,6	25,1	23,6	23,2	22,5
$R_{et}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> Pa/W	3,35	3,75	4,72	4,91	5,25	5,91	6,43	6,75	7,15	7,35	7,25
$R_{ct}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> K/W	0,027	0,027	0,027	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	61,73	64,51	65,25	68,12	68,9	70,58	71,69	71,97	72,05	72,31	72,26
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm H <sub>2</sub> O	21	21	20	19	19	17	17	16	16	16	16

**Tabela 47: Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanine uzorak 7 pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ISO 9237:1995	mm/s	52,5	50,1	51,6	48,1	47,4	48,6	45,2	43,7	45,2	42,7	43,1
$R_{et}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> Pa/W	1,76	1,92	2,60	3,32	3,25	3,63	3,85	4,10	3,97	4,05	4,12
$R_{ct}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> K/W	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	61,75	62,15	62,93	64,71	66,31	67,91	68,83	70,42	71,15	71,15	71,15
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm H <sub>2</sub> O	17	17	16	12	10	10	10	9	8	8	8

**Tabela 48: Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanine uzorak 8 pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ISO 9237:1995	mm/s	22,7	22,1	20,1	17,3	16,9	16,5	16,6	15,3	15,4	14,1	13,7
$R_{et}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> Pa/W	3,79	3,85	3,87	4,32	4,15	4,53	4,45	4,97	5,23	5,73	5,63
$R_{ct}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> K/W	0,021	0,021	0,021	0,019	0,019	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	61,1	62,13	63,42	65,54	67,54	69,63	72,15	74,55	76,10	76,10	76,40
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm H <sub>2</sub> O	16	16	16	14	14	14	13	12	12	11	11

**Tabela 49: Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanine uzorak 9 pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ISO 9237:1995	mm/s	50,8	48,3	47,1	42,5	42,7	40,3	41,4	39,7	37,5	38,0	37,1
$R_{et}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> Pa/W	2,9	2,9	3,0	4,1	4,7	4,6	4,9	5,0	5,0	5,0	5,2
$R_{ct}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> K/W	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	60,62	61,33	62,12	64,42	66,00	66,25	67,13	67,83	68,15	68,22	69,20
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm H <sub>2</sub> O	23	23	20	16	16	16	14	13	12	12	11

**Tabela 50: Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanine uzorak 10 pri 50 ciklusa pranja**

	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ISO 9237:1995	mm/s	14,8	13,7	13,1	13,1	12,5	12,1	10,7	10,2	10,1	9,9	9,7
$R_{et}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> Pa/W	4,33	4,95	6,15	6,25	6,25	6,15	6,75	6,99	7,53	7,71	7,89
$R_{ct}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> K/W	0,024	0,024	0,024	0,024	0,022	0,022	0,021	0,021	0,020	0,019	0,019
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	63,78	64,17	65,16	69,78	70,89	71,63	71,88	72,56	73,88	73,63	74,37
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm H <sub>2</sub> O	18	18	17	16	16	15	15	14	13	12	12

**Tabela 51: Prikaz promena termofizioloških karakteristika tkanine uzorak 11 pri 50 ciklusa pranja**

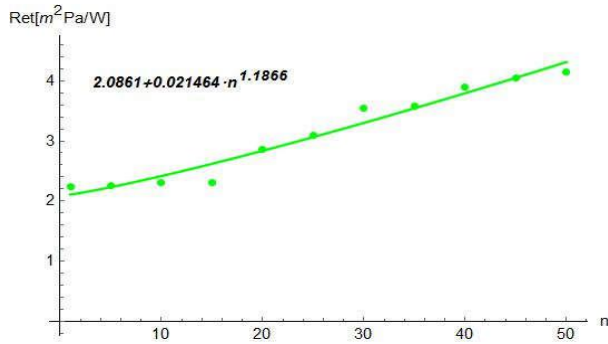
	Jedinice mere	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ISO 9237:1995	mm/s	23,3	23,2	22,1	22,2	19,7	18,6	18,2	17,8	17,1	16,3	15,6
$R_{et}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> Pa/W	2,98	2,99	3,51	4,05	4,15	4,63	4,90	4,97	5,10	5,25	5,41
$R_{ct}$ ISO 11092:2014	m <sup>2</sup> K/W	0,007	0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,004	0,004
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	64,13	66,25	67,41	68,45	68,92	70,02	70,12	71,58	72,69	73,95	74,15
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm H <sub>2</sub> O	20	20	19	17	17	16	16	15	14	13	13

### 3.2.2.1. Prikaz rezultata $R_{et}$ vrednosti pri 50 ciklusa pranja

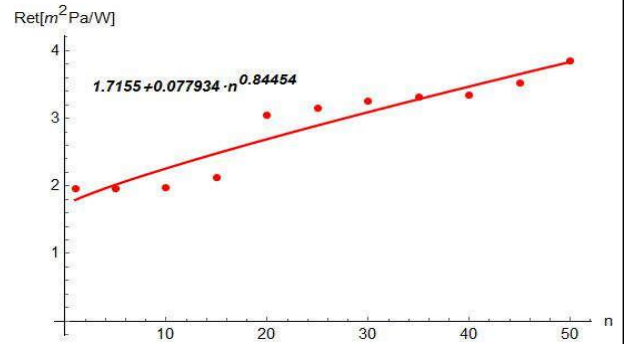
U tabeli 52 prikazani su rezultati ispitivanja  $R_{et}$  vrednosti ( $m^2 Pa/W$ ) ( $T=35\text{ }^\circ C$ ;  $v = 1,0\text{ m/s}$ ;  $RH = 40\%$  , ISO 11092:2014) pri 50 ciklusa pranja za uzorke tkanina 1-11, kao i prikaz aproksimacije uzoraka (slike 12-22).

**Tabela 52: Prikaz promena  $R_{et}$  vrednosti ( $m^2 Pa/W$ ) pri 50 ciklusa pranja**

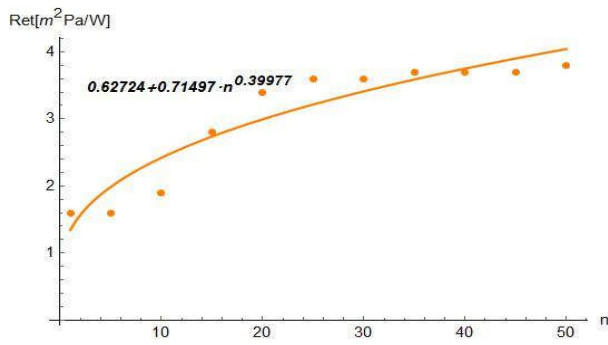
Uzorak	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
1	2,24	2,26	2,31	2,30	2,85	3,10	3,55	3,57	3,90	4,05	4,15
2	1,96	1,96	1,97	2,13	3,05	3,15	3,25	3,31	3,34	3,52	3,85
3	1,6	1,6	1,9	2,8	3,4	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8
4	2,86	2,91	3,10	3,10	5,80	5,71	5,95	6,30	6,25	5,91	6,13
5	1,47	1,49	2,15	2,72	2,76	2,85	2,92	3,10	3,12	3,25	3,47
6	3,35	3,75	4,72	4,91	5,25	5,91	6,43	6,75	7,15	7,35	7,25
7	1,76	1,92	2,60	3,32	3,25	3,63	3,85	4,10	3,97	4,05	4,12
8	3,79	3,85	3,87	4,32	4,15	4,53	4,45	4,97	5,23	5,73	5,63
9	2,9	2,9	3,0	4,1	4,7	4,6	4,9	5,0	5,0	5,0	5,2
10	4,33	4,95	6,15	6,25	6,25	6,15	6,75	6,99	7,53	7,71	7,89
11	2,98	2,99	3,51	4,05	4,15	4,63	4,90	4,97	5,10	5,25	5,41



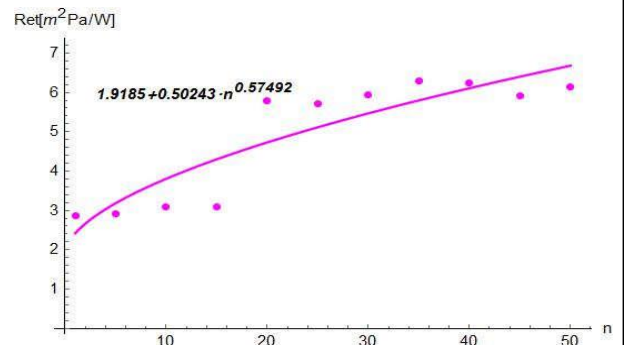
**Slika 12: Pregled promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 1**



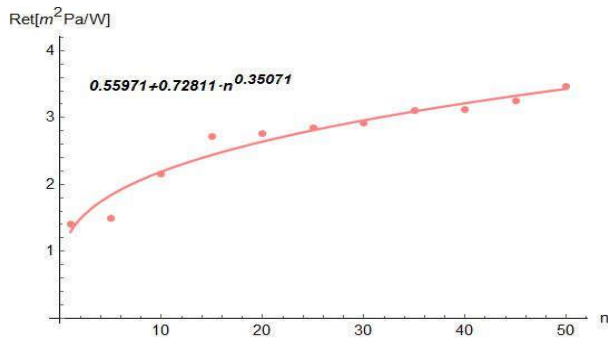
**Slika 13: Pregled promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 2**



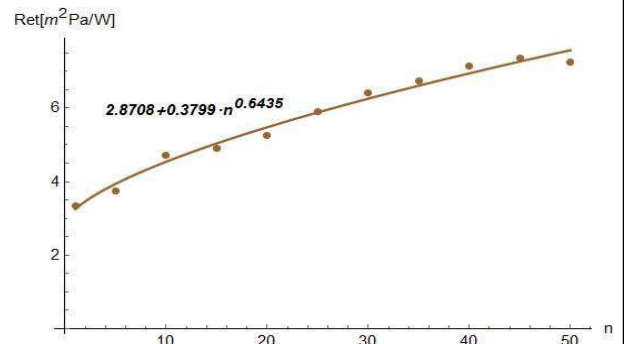
**Slika 14: Pregled promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 3**



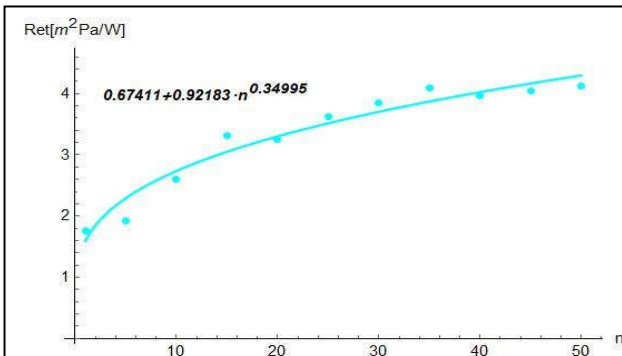
**Slika 15: Pregled promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 4**



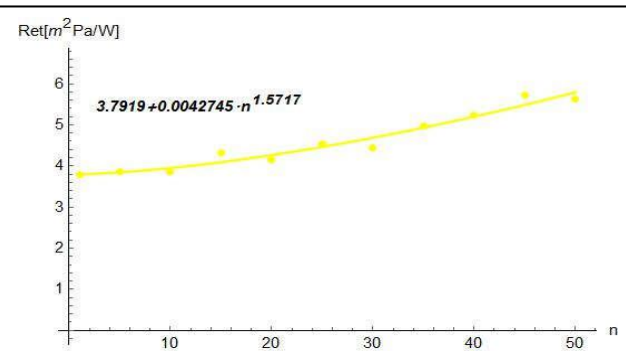
**Slika 16: Pregled promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 5**



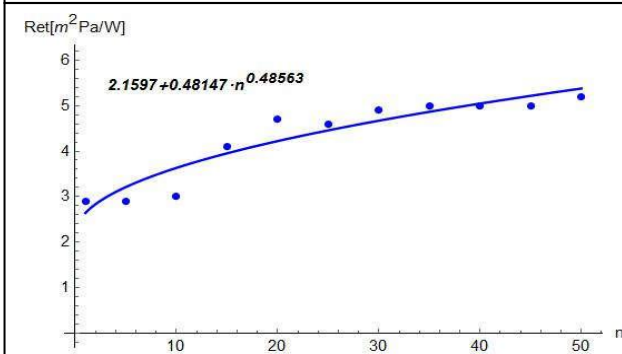
**Slika 17: Pregled promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 6**



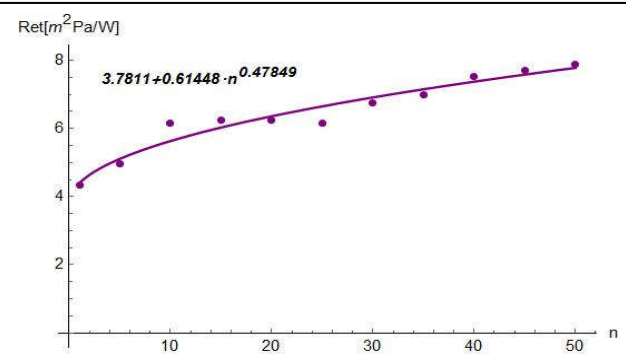
**Slika 18: Pregled promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 7**



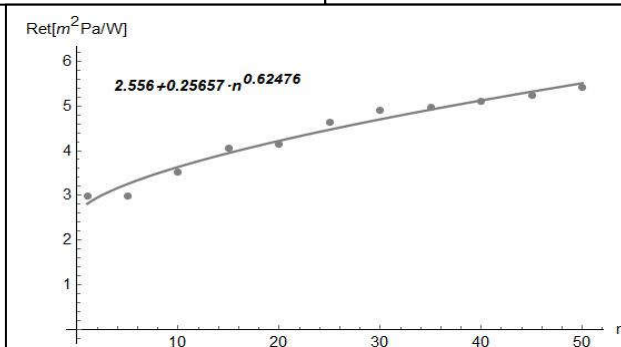
**Slika 19: Pregled promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 8**



**Slika 20: Pregled promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 9**



**Slika 21: Pregled promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 10**



**Slika 22: Pregled promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 11**

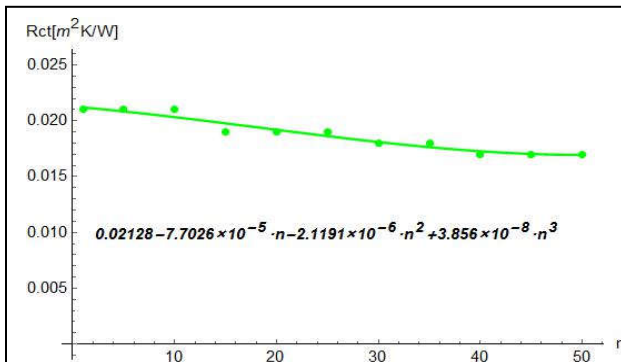


### 3.2.2.2. Prikaz promena $R_{ct}$ vrednosti pri 50 ciklusa pranja

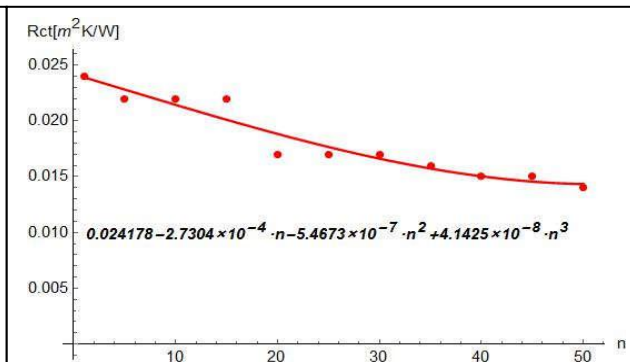
U tabeli 53 prikazani su rezultati ispitivanja  $R_{ct}$  vrednosti ( $m^2 K/W$ ) ( $T = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $v = 1,0\text{ m/s}$ ;  $RH = 65\%$ , ISO 11092:2014) pri 50 ciklusa pranja za uzorke tkanina 1-11, kao i prikaz aproksimacije uzoraka (slike 23-33)

**Tabela 53: Prikaz promena  $R_{ct}$  vrednosti ( $m^2 K/W$ ) pri 50 ciklusa pranja**

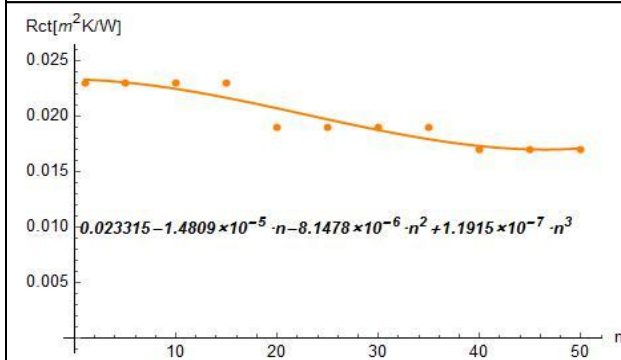
Uzorak	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
1	0,021	0,021	0,021	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017
2	0,024	0,022	0,022	0,022	0,017	0,017	0,017	0,016	0,015	0,015	0,014
3	0,023	0,023	0,023	0,023	0,019	0,019	0,019	0,019	0,017	0,017	0,017
4	0,018	0,018	0,018	0,018	0,017	0,016	0,016	0,015	0,014	0,014	0,014
5	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018
6	0,027	0,027	0,027	0,025	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023
7	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008
8	0,021	0,021	0,021	0,019	0,019	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016
9	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007
10	0,024	0,024	0,024	0,024	0,022	0,022	0,021	0,021	0,020	0,019	0,019
11	0,007	0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,004	0,004



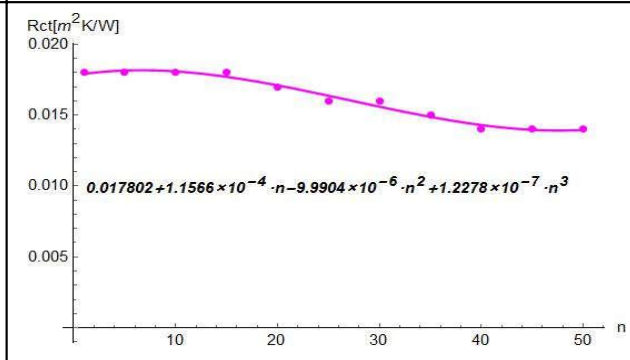
**Slika 23: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri praniu uzorka 1**



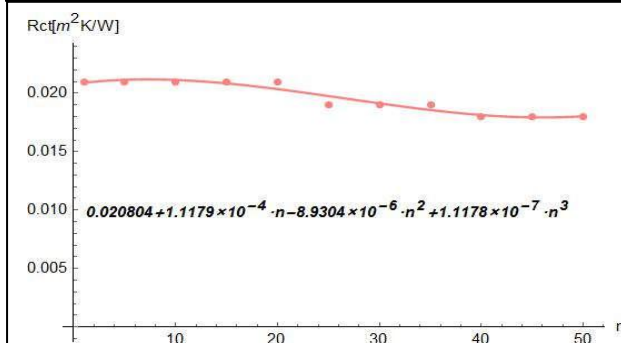
**Slika 24: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri praniu uzorka 2**



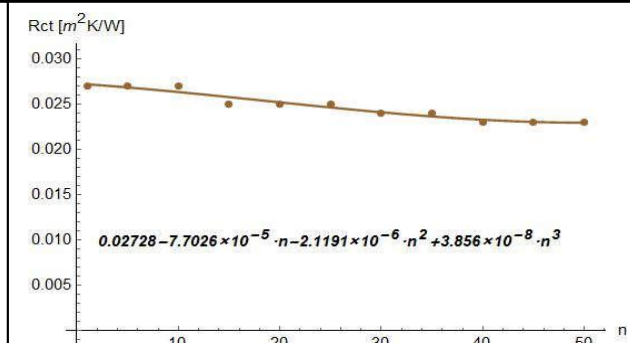
**Slika 25: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 3**



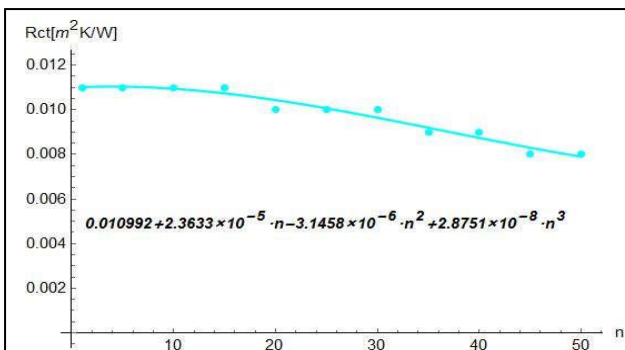
**Slika 26: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 4**



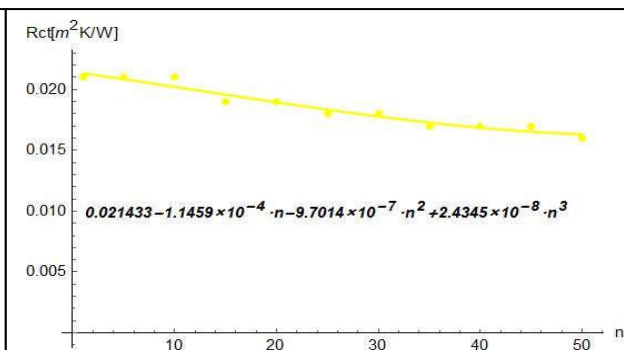
**Slika 27: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 5**



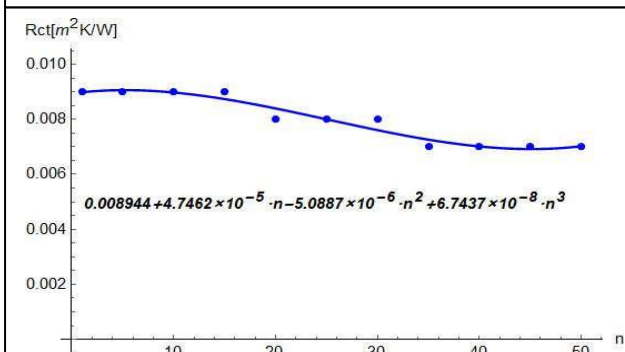
**Slika 28: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 6**



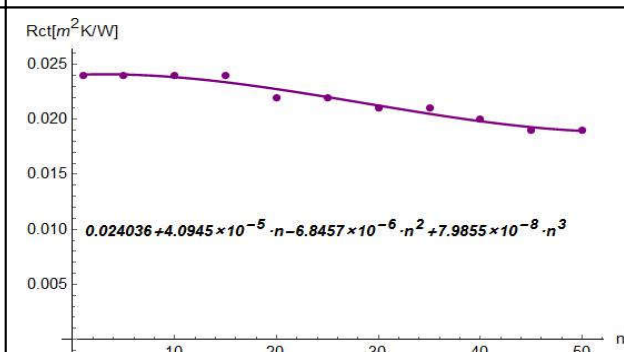
**Slika 29: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 7**



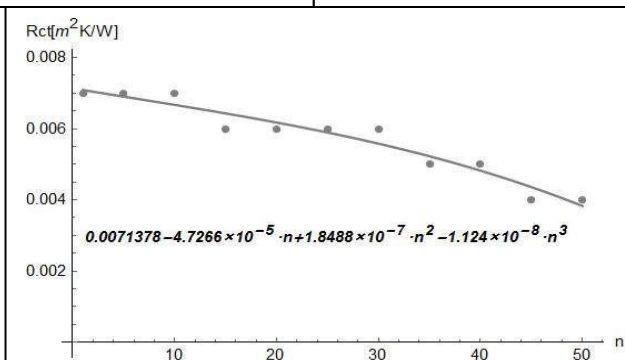
**Slika 30: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 8**



**Slika 31: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 9**



**Slika 32: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 10**



**Slika 33: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 11**

### 3.2.2.3. Prikaz promena vrednosti propustljivosti vazduha pri 50 ciklusa pranja

U tabeli 54 prikazani su rezultati ispitivanja propustljivosti vazduha na uzorcima 1-11, ISO 9237:1995 (mm/s) (l-lice, n-naličje tkanine,s-srednja vrednost) pri 50 ciklusa pranja.

**Tabela 54: Prikaz promena vrednosti propustljivosti vazduha ISO 9237:1995 (mm/s) pri 50 ciklusa pranja**

Uzorak	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
1	31,9	32,3	31,7	29,1	28,3	28,5	26,9	27,2	26,9	26,4	26,3
2	68,5	67,3	66,7	62,1	61,2	56,1	55,2	57,7	54,2	54,5	53,2
3	82,9	83,4	81,7	75,3	73,2	71,2	72,1	70,3	69,8	67,3	67,3
4	15,5	15,1	14,9	14,8	14,7	14,5	14,4	14,3	14,3	14,3	14,2
5	30,7	29,6	28,7	28,3	27,4	27,2	27,1	26,7	26,6	26,4	26,3
6	32,4	32,4	31,7	25,6	25,7	25,1	24,6	25,1	23,6	23,2	22,5
7	52,5	50,1	51,6	48,1	47,4	48,6	45,2	43,7	45,2	42,7	43,1
8	22,7	22,1	20,1	17,3	16,9	16,5	16,6	15,3	15,4	14,1	13,7
9	50,8	48,3	47,1	42,5	42,7	40,3	41,4	39,7	37,5	38,0	37,1
10	14,8	13,7	13,1	13,1	12,5	12,1	10,7	10,2	10,1	9,9	9,7
11	23,3	23,2	22,1	22,2	19,7	18,6	18,2	17,8	17,1	16,3	15,6

**3.2.2.4. Uticaj promene relativne vlaznosti vazduha iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti tkanina izrađene od mešavine Co/PES**

U tabeli 55 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja promene relativne vlaznosti vazduha iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti tkanina (uzorci 1-11).

**Tabela 55: Uticaj promene relativne vlaznosti vazduha iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti tkanina (uzorci 1-11)**

Oznaka tkanine	$R_{ct}$ ( $m^2$ K/W); T=20 °C; v=1,0 m/s		
	40 % $R_H$	65 % $R_H$	80 % $R_H$
1	0,029	0,021	0,019
2	0,026	0,024	0,021
3	0,025	0,023	0,020
4	0,020	0,018	0,016
5	0,023	0,021	0,018
6	0,031	0,027	0,024
7	0,014	0,011	0,008
8	0,024	0,021	0,017
9	0,012	0,009	0,008
10	0,027	0,024	0,021
11	0,009	0,007	0,006

**3.2.2.5. Uticaj promene temperature iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti tkanina izradene od mešavine Co/PES**

U tabeli 56 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja promene temperature (T=25 °C , 30 °C, 35 °C) iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti tkanina (uzorci 1-11).

**Tabela 56: Uticaj promene temperature iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti tkanina (uzorci 1-11)**

Oznaka tkanine	$R_{ct}$ ( $m^2$ K/W); $R_H=65$ %; $v=1,0$ m/s		
	T=20 °C	T=25 °C	T=30 °C
1	0,021	0,019	0,016
2	0,024	0,022	0,019
3	0,023	0,021	0,020
4	0,018	0,016	0,013
5	0,021	0,019	0,017
6	0,027	0,025	0,021
7	0,011	0,010	0,008
8	0,021	0,019	0,017
9	0,009	0,007	0,006
10	0,024	0,022	0,020
11	0,007	0,006	0,005

**3.2.2.6. Uticaj promene relativne vlaznosti vazduha iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti tkanina izradene od mešavine Co/PES**

U tabeli 57 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja promene relativne vlaznosti vazduha (RH 40 %, 65 %, 80 %) iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti tkanina (uzorci 1-11).

**Tabela 57: Uticaj promene relativne vlaznosti vazduha iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti tkanina(uzorci 1-11)**

Oznaka tkanine	$R_{et}$ ( $m^2 Pa/W$ ); $T=35\text{ }^\circ C$ ; $v=1,0\text{ m/s}$		
	40 % RH	65 % RH	80 % RH
1	2,1	2,24	3,60
2	1,63	1,96	2,80
3	1,15	1,60	3,25
4	2,05	2,86	4,10
5	1,20	1,47	3,95
6	2,65	3,35	6,10
7	1,43	1,76	4,70
8	2,95	3,79	6,25
9	2,35	2,90	5,09
10	2,42	4,33	7,30
11	2,35	2,98	5,60

**3.2.2.7. Uticaj promene temperature iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti tkanina izradene od mešavine Co/PES**

U tabeli 58 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja promene temperature (T=25 °C , 30 °C, 35 °C) iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti tkanina (uzorci 1-11).

**Tabela 58: Uticaj promene temperature iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti tkanina(uzorci 1-11)**

Oznaka tkanine	$R_{et}$ ( $m^2 Pa/W$ ); $v= 1,0 m/s$ ; RH=40 %		
	T=25 °C	T=30 °C	T=35 °C
1	1,55	1,70	2,24
2	1,52	1,73	1,96
3	1,33	1,50	1,60
4	2,10	2,50	2,86
5	1,15	1,30	1,47
6	2,78	3,05	3,35
7	1,12	1,42	1,76
8	2,63	3,25	3,79
9	1,97	2,35	2,90
10	3,25	3,87	4,33
11	2,08	2,42	2,98



**3.2.2.8. Uticaj promene brzine strujanja vazduha iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti tkanina izrađene od mešavine Co/PES**

U tabeli 59 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja promene brzine strujanja vazduha ( $v = 0$  m/s; 0,6 m/s; 1,0 m/s) iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti tkanina (uzorci 1-11).

**Tabela 59: Uticaj promene brzine strujanja vazduha iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti tkanina (uzorci 1-11)**

Oznaka tkanine	$R_{et}$ ( $m^2 Pa/W$ ); $T=35$ °C; $R_H=40$ %		
	$v = 0$ m/s	$v= 0,6$ m/s	$v= 1,0$ m/s
1	4,30	3,70	2,24
2	4,05	2,83	1,96
3	3,62	2,72	1,60
4	6,23	5,16	2,86
5	4,05	3,21	1,47
6	7,83	5,52	3,35
7	3,84	2,82	1,76
8	6,42	5,16	3,79
9	5,92	4,13	2,90
10	7,31	5,90	4,33
11	5,25	4,05	2,98

### 3.2.3. Rezultati ispitivanja termofizioloških parametara laminiranih uzoraka izrađenih od 100 % PES

U tabeli 60 prikazani su rezultati ispitivanja termofizioloških karakteristika (propustljivost vazduha,  $R_{et}$ ,  $R_{ct}$ , vodoodbojnost, vodoodbojnost prema Bundesmanu, vodonepropustljivost, propustljivost vodene pare, apsolutno suva površinska masa i površinska masa uzorka merena posle odležavanja 1h u aparatu za merenje otpornosti protoka vodene pare) uzoraka izrađenih od 100 % PES i laminiranih različitim membranama (uzorci 12-15).

**Tabela 60: Pregled termofizioloških karakteristika uzoraka izrađenih od 100 % PES i laminiranih različitim membranama**

	jedinica mere	uzorak 12	uzorak 13	uzorak 14	uzorak 15
Propustljivost vazduha ISO 9237:1995	mm/s	46,25	0,5	0,35	1,25
$R_{et}$ ISO 11092:2014	$m^2Pa/W$	4,44	4,86	19,55	27,28
$R_{ct}$ ISO 11092:2014	$m^2K/W$	0,011	0,027	0,011	0,030
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	5	5	5	5
Bundesman ISO 9865: 1991	%	16,05	5,34	7,31	6,79
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cmH <sub>2</sub> O	36,30	2830,0	1862,8	2353,7
Propustljivost vodene pare ASTM E-96/E96 M-16	g/m <sup>2</sup> /24h	7688,6	4727,3	5427,2	4794,1
Apsolutno suva površinska masa	g/m <sup>2</sup>	105,5	137,4	166,7	198,3
Površinska masa uzorka merena posle odležavanja 1h u aparatu za merenje otpornosti protoka vodene pare	g/m <sup>2</sup>	105,6	140,2	172,8	208,1
Fi	%	0,09	2,04	3,66	4,94
$i_{mt} (R_{ct}/R_{et})$		0,0025	0,0056	0,0006	0,0011

### 3.2.4. Prikaz termofizioloških karakteristika uzoraka 12-15 pri 50 ciklusa pranja

U tabelama 61-64 prikazani su rezultati ispitivanja, odnosno praćenje promena termofizioloških karakteristika uzoraka 12-15 pri 50 ciklusa pranja.

**Tabela 61: Prikaz promena termofizioloških karakteristika uzorka 12 pri 50 ciklusa pranja**

	Pre pranja	posle 5 pranja	posle 10 pranja	posle 15 pranja	posle 20 pranja	posle 25 pranja	posle 30 pranja	posle 35 pranja	posle 40 pranja	posle 45 pranja	posle 50 pranja
Propustljivost vazduha (mm/s) ISO 9237:1995	46,25	37,85	33,10	32,95	30,50	28,95	27,8	27,8	28,4	28,25	28,1
$R_{et}$ ISO11092:2014 (m <sup>2</sup> Pa/W)	4,44	5,09	5,16	5,34	6,44	6,58	6,68	6,71	6,83	6,97	7,73
$R_{ct}$ ISO11092:2014 (m <sup>2</sup> K/W)	0,011	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007
Vodoodbojnost ISO 4920:2012 ocena	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	2
Bundesman ISO9865:1991 (%)	16,05	21,4	22,7	23,2	23,7	24,5	25,6	26,3	26,6	27,5	28,5
Vodonepropustljivost ISO811:1981 (cm H <sub>2</sub> O)	36,3	33,8	31,4	30,5	28,9	22,2	19,4	19,6	19,1	19,0	19,3
Propustljivost vodene pare ASTM E-96/E96 M-16 (g/m <sup>2</sup> /24h)	7688,6	7477,5	6874,5	4240,5	3909,1	3777,8	3636,4	3393,9	3075,4	2804,1	2532,7

**Tabela 62: Prikaz promena termofizioloških karakteristika uzorka 13 pri 50 ciklusa pranja**

	Pre pranja	posle 5 pranja	posle 10 pranja	posle 15 pranja	posle 20 pranja	posle 25 pranja	posle 30 pranja	posle 35 pranja	posle 40 pranja	posle 45 pranja	posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ( mm/s) ISO 9237:1995	0,5	0,5	0,55	0,55	0,6	0,6	0,6	0,6	0,65	0,65	0,65
$R_{et}$ ISO11092:2014 (m <sup>2</sup> Pa/W)	4,86	5,35	5,64	5,89	6,93	7,91	8,04	8,07	8,98	9,10	10,02
$R_{ct}$ ISO11092:2014 (m <sup>2</sup> K/W)	0,027	0,027	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,023
Vodoodbojnost ISO 4920:2012 ocena	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	3
Bundesman ISO9865:1991 (%)	5,34	9,17	10,11	12,05	12,73	13,61	14,15	15,90	16,45	17,31	18,25
Vodonepropustljivost ISO811:1981 (cm H <sub>2</sub> O)	2.830,0	2.800,2	2.796,2	2.789,3	2.781,2	2.753,4	2.721,6	2.654,5	2.621,3	2.568,4	2.511,2
Propustljivost vodene pare ASTM E-96/E96 M-16 (g/m <sup>2</sup> /24h)	4.727,3	4.363,6	3.799,1	3.618,2	3.515,0	3.393,0	3.272,7	3.215,1	3.193,3	3.172,7	3.060,6

**Tabela 63: Prikaz promena termofizioloških karakteristika uzorka 14 pri 50 ciklusa pranja**

	Pre pranja	posle 5 pranja	posle 10 pranja	posle 15 pranja	posle 20 pranja	posle 25 pranja	posle 30 pranja	posle 35 pranja	posle 40 pranja	posle 45 pranja	posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ( mm/s) ISO 9237:1995	0,35	0,35	0,35	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,55	0,55	0,55
R <sub>et</sub> ISO11092:2014 (m <sup>2</sup> Pa/W)	19,55	20,36	20,44	20,41	20,38	21,65	21,7	22,32	23,22	24,37	25,48
R <sub>ct</sub> ISO11092:2014 (m <sup>2</sup> K/W)	0,011	0,010	0,010	0,009	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Vodoodbojnost ISO 4920:2012 ocena	5	5	5	5	4	4	3	3	3	2	2
Bundesman ISO9865:1991 (%)	7,31	16,32	18,71	19,95	20,71	21,32	22,75	23,43	24,17	24,95	25,61
Vodonepropustljivost ISO811:1981 (cm H <sub>2</sub> O)	1.862,8	1.650,0	1.581,2	1.572,6	1.561,0	1.555,8	1.469,8	1.456,0	1.421,6	1.420,0	1.401,1
Propustljivost vodene pare ASTM E-96/E96 M-16 (g/m <sup>2</sup> /24h)	5427,2	5186,5	5096,2	4971,1	4921,3	4896,2	4809,0	4768,7	4722,1	4642,9	4522,0

**Tabela 64: Prikaz promena termofizioloških karakteristika uzorka 15 pri 50 ciklusa pranja**

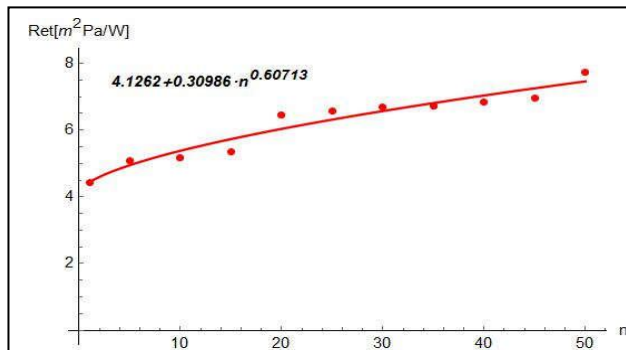
	Pre pranja	posle 5 pranja	posle 10 pranja	posle 15 pranja	posle 20 pranja	posle 25 pranja	posle 30 pranja	posle 35 pranja	posle 40 pranja	posle 45 pranja	posle 50 pranja
Propustljivost vazduha ( mm/s) ISO 9237:1995	1,25	1,25	1,30	1,30	1,35	1,35	1,40	1,40	1,40	1,45	1,45
R <sub>et</sub> ISO11092:2014 (m <sup>2</sup> Pa/W)	27,28	27,89	28,06	28,23	29,42	29,61	30,79	30,95	31,16	32,35	33,51
R <sub>ct</sub> ISO11092:2014 (m <sup>2</sup> K/W)	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,026
Vodoodbojnost ISO 4920:2012 ocena	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3
Bundesman ISO9865:1991 (%)	6,79	13,05	13,63	14,23	15,71	16,18	17,62	18,10	18,65	19,10	19,63
Vodonepropustljivost ISO811:1981 (cm H <sub>2</sub> O)	2.353,7	2.161	1.837,4	1.694	1.531,0	1.529,6	1.525,9	1.516	1.503,6	1.500,2	1.498,3
Propustljivost vodene pare ASTM E-96/E96 M-16 (g/m <sup>2</sup> /24h)	4.791,1	4.432,2	3.738,8	3.527,7	3.454,5	3.425,5	3.333,3	3.030,3	2.971,5	2.909,1	2.666,7

### 3.2.4.1. Prikaz rezultata vrednosti $R_{et}$ pri 50 ciklusa pranja

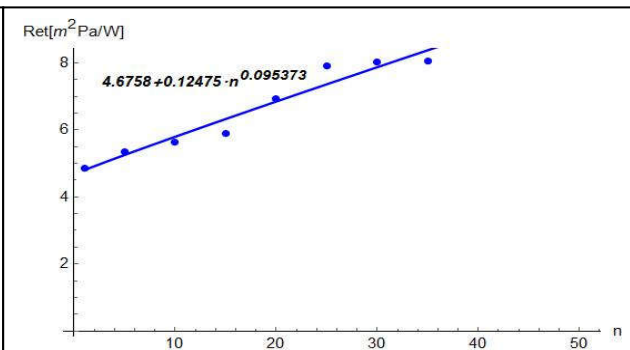
U tabeli 65 prikazani su rezultati ispitivanja  $R_{et}$  vrednosti ( $m^2 Pa/W$ ) ( $T=35\text{ }^{\circ}C$ ;  $v = 1,0\text{ m/s}$ ;  $RH=40\%$ , ISO 11092:2014 pri 50 ciklusa pranja za uzorke 12-15, kao i prikaz aproksimacije uzoraka (slike 34-37).

**Tabela 65: Prikaz promena  $R_{et}$  vrednosti ( $m^2 Pa/W$ ) pri 50 ciklusa pranja**

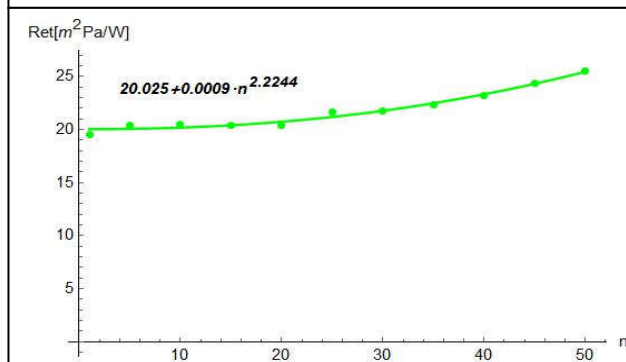
Uzorak	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
12	4,44	5,09	5,16	5,34	6,44	6,58	6,68	6,71	6,83	6,97	7,73
13	4,86	5,35	5,64	5,89	6,93	7,91	8,04	8,07	8,98	9,10	10,02
14	19,55	20,36	20,44	20,68	21,74	21,65	22,07	22,32	23,22	24,37	25,148
15	27,28	27,89	28,06	28,23	29,42	29,61	30,79	30,95	31,16	32,35	33,51



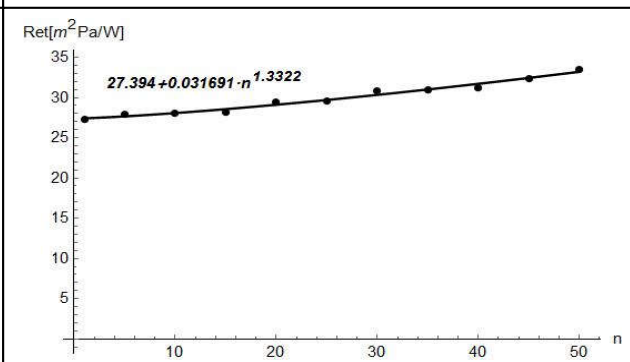
**Slika 34: Prikaz promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 12**



**Slika 35: Prikaz promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 13**



**Slika 36: Prikaz promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 14**



**Slika 37: Prikaz promene  $R_{et}$  vrednosti pri pranju uzorka 15**

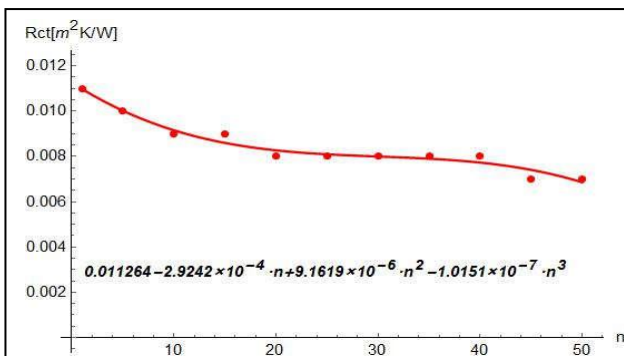


### 3.2.4.2. Prikaz rezultata vrednosti $R_{ct}$ u zavisnosti od broja pranja tkanine

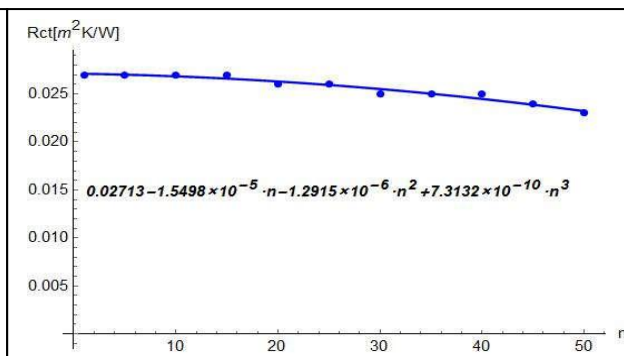
U tabeli 66 prikazani su rezultati ispitivanja  $R_{ct}$  vrednosti ( $m^2 K/W$ ) ( $T=20^\circ C$ ;  $v = 1,0 m/s$ ;  $RH = 65 \%$ , ISO 11092:2014) pri 50 ciklusa pranja za uzorke 12-15, kao i prikaz aproksimacije uzoraka (slike 38-41).

**Tabela 66: Pregled promena  $R_{ct}$  vrednosti ( $m^2 K/W$ ) ( $T=20^\circ C$ ;  $v = 1,0 m/s$ ;  $RH = 65 \%$ , ISO 11092:2014) pri 50 ciklusa pranja**

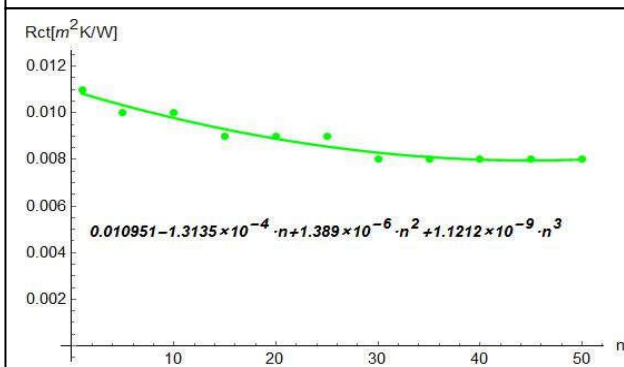
Uzorak	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
12	0,011	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007
13	0,027	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023	0,022	0,022
14	0,011	0,010	0,010	0,009	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
15	0,030	0,029	0,029	0,028	0,028	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,026



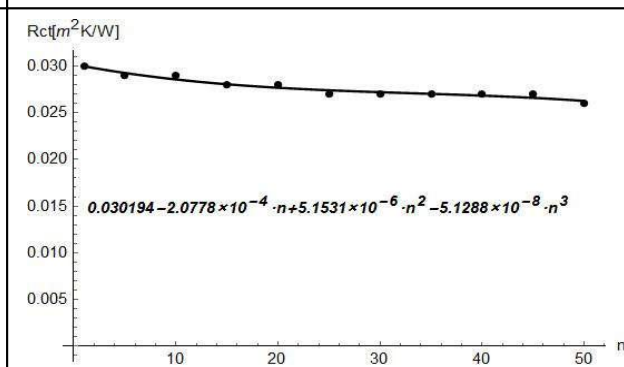
**Slika 38: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 12**



**Slika 39: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 13**



**Slika 40: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 14**



**Slika 41: Pregled promene  $R_{ct}$  vrednosti pri pranju uzorka 15**

### 3.2.4.3. Promena vrednosti vodonepropustljivosti u zavisnosti od broja pranja tkanine

U tabeli 67 prikazani su rezultati ispitivanja karakteristike vodonepropustljivosti (ISO 811:1981 (cm H<sub>2</sub>O)) pri 50 ciklusa pranja za uzorke 12-15.

**Tabela 67: Prikaz promena vrednosti vodonepropustljivosti (ISO 811:1981 (cm H<sub>2</sub>O)) pri 50 ciklusa pranja**

Uzorak	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
12	36,3	33,8	31,4	30,5	28,9	22,2	19,4	19,6	19,1	19,0	19,3
13	2.830,0	2.800,2	2.796,2	2.789,3	2.781,2	2.753,4	2.721,6	2.654,5	2.621,3	2.568,4	2.511,2
14	1.862,8	1.624,0	1.501,4	1.524,0	1.502,0	1.491,0	1.469,8	1.456,0	1.421,6	1.420,0	1.401,1
15	2.353,7	2.161,0	1.837,4	1.694,0	1.531,0	1.529,6	1.525,9	1.516,0	1.503,6	1.497,8	1.421,6

### 3.2.4.4. Prikaz rezultata propustljivosti vazduha u zavisnosti od broja pranja tkanine

U tabeli 68 prikazani su rezultati ispitivanja karakteristike propustljivosti vazduha ISO 9237:1995 (mm/s) (l-lice, n-naličje tkanine, s-srednja vrednost) pri 50 ciklusa pranja, za uzorke 12-15.

**Tabela 68: Prikaz promena vrednosti propustljivosti vazduha ISO 9237:1995 (mm/s) (l-lice, n-naličje tkanine, s-srednja vrednost) pri 50 ciklusa pranja**

Uzorak	Pre pranja	Posle 5 pranja	Posle 10 pranja	Posle 15 pranja	Posle 20 pranja	Posle 25 pranja	Posle 30 pranja	Posle 35 pranja	Posle 40 pranja	Posle 45 pranja	Posle 50 pranja
12	46,25	37,85	33,10	32,95	30,50	28,95	27,8	27,8	28,4	28,25	28,1
13	0,5	0,5	0,55	0,55	0,6	0,6	0,6	0,6	0,65	0,65	0,65
14	0,35	0,35	0,35	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,55	0,55	0,55
15	1,25	1,25	1,30	1,30	1,35	1,35	1,40	1,40	1,40	1,45	1,45

### 3.2.4.5. Uticaj promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče na $R_{ct}$ vrednosti PES uzoraka

U tabeli 69 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti za uzorke 12-15.

**Tabela 69: Uticaj promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti**

Oznaka tkanine	$R_{ct}$ ( $m^2$ K/W); T=20 °C; v=1,0 m/s		
	40 % $R_H$	65 % $R_H$	80 % $R_H$
12	0,016	0,011	0,007
13	0,027	0,027	0,026
14	0,012	0,011	0,012
15	0,031	0,030	0,030

### 3.2.4.6. Uticaj promene temperature iznad merne ploče na $R_{ct}$ vrednosti uzoraka 12-15

U tabeli 70 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja promene temperature iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti uzoraka 12-15.

**Tabela 70: Uticaj promene temperature iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti**

Oznaka tkanine	$R_{ct}$ ( $m^2$ K/W); $R_H=65$ %; v=1,0 m/s		
	T=20 °C	T=25 °C	T=30 °C
12	0,011	0,009	0,007
13	0,027	0,024	0,022
14	0,011	0,009	0,007
15	0,030	0,026	0,023

### 3.2.4.7. Uticaj promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče na $R_{et}$ vrednosti uzoraka 12-15

U tabeli 71 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti za uzorke 12-15.

**Tabela 71: Uticaj promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti**

Oznaka tkanine	$R_{et}$ ( $m^2 Pa/W$ ); $T=35\text{ }^\circ C$ ; $v=1,0\text{ m/s}$		
	40 % RH	65 % RH	80 % RH
12	4,11	4,44	6,83
13	4,07	4,86	5,23
14	18,75	19,55	20,90
15	26,15	27,28	28,30

### 3.2.4.8. Uticaj promene temperature iznad merne ploče na $R_{et}$ vrednosti uzoraka 12-15

U tabeli 72 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja promene temperature iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti za uzorke 12-15.

**Tabela 72: Uticaj promene temperature iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti**

Oznaka tkanine	$R_{et}$ ( $m^2 Pa/W$ ); $v=1,0\text{ m/s}$ ; $RH=40\%$		
	$T=25\text{ }^\circ C$	$T=30\text{ }^\circ C$	$T=35\text{ }^\circ C$
12	3,19	4,05	4,44
13	3,32	4,25	4,86
14	17,25	18,10	19,55
15	25,10	26,23	27,28

### 3.2.4.9. Uticaj promene brzine strujanja vazduha iznad merne ploče na $R_{et}$ vrednosti

#### uzoraka 12-15

U tabeli 73 prikazani su rezultati ispitivanja uticaja promene brzine strujanja vazduha iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti za uzorke 12-15.

**Tabela 73: Uticaj promene brzine strujanja vazduha iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti**

Oznaka tkanine	$R_{et}$ ( $m^2 Pa/W$ ); $T=35\text{ }^\circ C$ ; $R_H=40\text{ }\%$		
	$v = 0\text{ m/s}$	$v = 0,6\text{ m/s}$	$v = 1,0\text{ m/s}$
12	5,83	5,10	4,44
13	6,12	5,62	4,86
14	20,90	20,20	19,55
15	28,74	27,95	27,28

### 3.2.5. Rezultati ispitivanja termofizioloških parametara nelepljive međupostave

U tabeli 74 prikazani su rezultati ispitivanja termofizioloških karakteristika nelepljive međupostave.

**Tabela 74: Pregled karakteristika nelepljive međupostave**

Elementi ispitivanja	Jedinice mere	Rezultat merenja
Propustljivost vazduha Srednja vrednost ISO 9237:1995	mm/s	833
$R_{et}$ ISO 11092:2014	$m^2 Pa/W$	0,8
$R_{ct}$ ISO 11092:2014	$m^2 K/W$	0,01
Vodoodbojnost ISO 4920:2012	ocena	0
Bundesman ISO 9865: 1991	%	3
Vodonepropustljivost ISO 811:1981	cm $H_2O$	12

### 3.3. REZULTATI ISPITIVANJA TERMOFIZIOLOŠKE UDOBNOSTI ODEVNIH PREDMETA

Termofiziološka udobnost odeće može se ocenjivati određivanjem  $R_{et}$  i  $R_{ct}$  vrednosti kombinacije materijala od kojih su izrađeni odevni predmeti kao i subjektivnom ocenom ispitanika koji nose ove odevne predmete.

#### 3.3.1. Rezultati merenja termofizioloških karakteristika (vrednosti $R_{et}$ i $R_{ct}$ ) na sendvič uzorcima

Sendvič uzorke sačinjavaju tri sloja i to:

- prvi sloj je osnovni materijal za košulju i pantalone (mešavina Co/PES),
- drugi sloj je postava tj. nelepljiva međupostava (100 % PES),
- treći sloj je uzorak za jaknu (100 % PES ili 100 % PES naslojen membranom ili nanosom).

U tabeli 75 prikazani su uporedni rezultati merenja  $R_{et}$  vrednosti [116] na sendvič uzorcima odevnih kombinacija A, B, C i D koje obuhvataju tri sloja.

**Tabela 75: Rezultati merenja vrednosti  $R_{et}$  ( $m^2Pa/W$ ) na na sendvič uzorcima**

	Odevna kombinacija A	Odevna kombinacija B	Odevna kombinacija C	Odevna kombinacija D
Broj uzorka (1-11)	$R_{et}$ -sendvič uzorak uzorak (1-11) + uzorak 12 + međupostava ( $m^2Pa/W$ )	$R_{et}$ -sendvič uzorak uzorak (1-11) + uzorak 13 + međupostava ( $m^2Pa/W$ )	$R_{et}$ -sendvič uzorak uzorak (1-11) + uzorak 14 + međupostava ( $m^2Pa/W$ )	$R_{et}$ -sendvič uzorak uzorak (1-11) + uzorak 15 + međupostava ( $m^2Pa/W$ )
1	11,3	16,7	32,13	45,21
2	10,8	16,3	30,11	43,85
3	10,3	15,5	29,34	40,90
4	12,2	17,8	35,12	48,83
5	10,1	15,2	28,73	39,21
6	12,6	19,2	35,09	49,00
7	10,4	15,7	30,07	43,71
8	12,8	20,1	35,9	64,78
9	11,7	17,4	32,27	45,1
10	13,1	20,3	36,18	65,91
11	12,3	18,1	34,95	49,12

U tabeli 76 prikazani su uporedni rezultati merenja  $R_{ct}$  vrednosti na sendvič uzorcima odevnih kombinacija A, B, C i D koje obuhvataju tri sloja.

**Tabela 76: Rezultati merenja vrednosti  $R_{ct}$  ( $m^2K/W$ ) na sendvič uzorcima**

	Odevna kombinacija A	Odevna kombinacija B	Odevna kombinacija C	Odevna kombinacija D
Broj uzorka (1-11)	$R_{ct}$ -sendvič uzorak uzorak (1-11) + uzorak 12 + međupostava ( $m^2K/W$ )	$R_{ct}$ -sendvič uzorak (1-11) + uzorak 13 + međupostava ( $m^2K/W$ )	$R_{ct}$ -sendvič uzorak (1-11) + uzorak 14 + međupostava ( $m^2K/W$ )	$R_{ct}$ -sendvič uzorak (1-11) + uzorak 15 + međupostava ( $m^2K/W$ )
1	0,048	0,075	0,104	0,151
2	0,047	0,073	0,099	0,149
3	0,043	0,064	0,093	0,144
4	0,052	0,078	0,112	0,155
5	0,041	0,062	0,092	0,141
6	0,056	0,081	0,115	0,158
7	0,045	0,067	0,095	0,148
8	0,058	0,082	0,117	0,161
9	0,051	0,076	0,110	0,154
10	0,059	0,082	0,118	0,164
11	0,054	0,079	0,114	0,157

### 3.3.2. Subjektivno ocenjivanje udobnosti odevnih predmeta

U tabeli 77 prikazana su pojedinačna merenja starosti, visine i mase ispitanika, a u tabeli 78 su prikazani navedeni rezultati kao srednje vrednosti. Određivanje površine tela prema DuBoisu ( $A_{Du}$ ) objasnio je Fanger [76].



**Tabela 77: Antropometrijske karakteristike ispitanika**

R.br. ispitanika	Starost (godina)	Visina (cm)	Masa (kg)	Površina tela (m <sup>2</sup> )
1	25	185	82	2,06
2	22	183	80	2,02
3	21	177	72	1,89
4	22	182	82	2,04
5	22	178	76	1,94
6	24	195	87	2,19
7	23	186	86	2,07
8	22	187	84	2,09
9	20	182	81	2,02
10	28	179	77	1,96
11	25	185	85	2,09
12	45	183	82	2,04
13	32	180	79	1,98
14	24	185	84	2,08
15	25	178	82	2,00
16	26	194	88	2,19
17	22	188	81	2,07
18	21	186	84	2,08
19	22	184	78	2,00
20	25	187	82	2,07
21	24	182	84	2,05
22	25	181	80	2,00
23	22	183	83	2,06
24	23	179	81	2,00
25	22	186	83	2,08
26	21	188	83	2,09
27	22	184	84	2,07
28	25	186	82	2,07
29	24	192	86	2,16
30	23	187	85	2,11

**Tabela 78: Srednje antropometrijske vrednosti ispitanika**

	srednja vrednost	raspon
Starost (godina)	24,23	20-45
Visina (cm)	184,4	177-195
Masa (kg)	82,10	72-88
Površina tela (m <sup>2</sup> )	2,05	1,89-2,19

U tabelama 79 do 84 prikazani su rezultati ocenjivanja posle pete faze merenja koji je trajao 2h 30min. Rezultati se odnose na subjektivno ocenjivanje udobnosti tokom pojedinačnih nošenja muških košulja, pantalona, jakni, kao i odevnih kombinacija A, B, C i D, koje se ogleda u pogledu osećaja prijatnosti, toplote, vlage.

**Tabela 79. Rezultati subjektivnog ocenjivanja udobnosti košulja i pantalona izrađenih od tkanina iz mešavine Co/PES**

Broj bodova	Ocena udobnosti	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Uzorak 5	Uzorak 6	Uzorak 7	Uzorak 8	Uzorak 9	Uzorak 10	Uzorak 11
71-90	Loše	/	1	/	2	/	/	/	3	1	4	1
51-70	Zadovoljavajuće	3	10	2	15	1	8	2	12	12	11	14
31-50	Dobro	11	11	7	8	2	8	9	9	9	11	9
11-30	Vrlo dobro	16	8	20	5	25	14	18	6	8	4	6
0-10	Odlično	/	/	1	/	2	/	1	/	/	/	/

**Tabela 80. Rezultati subjektivnog ocenjivanja udobnosti muških jakni izrađenih od poliestarskih uzoraka**

Broj bodova	Ocena udobnosti	Uzorak 12	Uzorak 13	Uzorak 14	Uzorak 15
71-90	Loše	12	/	/	/
51-70	Zadovoljavajuće	7	3	4	14
31-50	Dobro	21	12	19	16
11-30	Vrlo dobro	2	15	7	/
0-10	Odlično	/	/	/	/

**Tabela 81. Rezultati subjektivnog ocenjivanja udobnosti odevne kombinacije A**

Broj bodova	Ocena udobnosti	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Uzorak 5	Uzorak 6	Uzorak 7	Uzorak 8	Uzorak 9	Uzorak 10	Uzorak 11
71-90	Loše	10	9	/	13	6	17	6	12	10	14	12
51-70	Zadovoljavajuće	5	8	12	6	6	3	12	9	9	10	7
31-50	Dobro	12	4	18	5	12	5	5	9	7	6	6
11-30	Vrlo dobro	3	9	/	6	6	5	7	/	4	/	5
0-10	Odlično	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

**Tabela 82: Rezultati subjektivnog ocenjivanja udobnosti odevne kombinacije B**

Broj bodova	Ocena udobnosti	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Uzorak 5	Uzorak 6	Uzorak 7	Uzorak 8	Uzorak 9	Uzorak 10	Uzorak 11
71-90	Loše	/	/	/	/	/	7	/	9	/	11	5
51-70	Zadovoljavajuće	1	/	/	5	/	7	/	9	6	9	8
31-50	Dobro	6	5	2	7	2	12	5	10	5	10	10
11-30	Vrlo dobro	10	7	8	8	7	4	6	2	8	/	5
0-10	Odlično	13	18	20	10	21	/	19	/	11	/	2

**Tabela 83: Rezultati subjektivnog ocenjivanja udobnosti odevne kombinacije C**

Broj bodova	Ocena udobnosti	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Uzorak 5	Uzorak 6	Uzorak 7	Uzorak 8	Uzorak 9	Uzorak 10	Uzorak 11
71-90	Loše	/	/	/	/	/	5	/	9	/	11	4
51-70	Zadovoljavajuće	/	/	/	5	/	10	/	8	5	8	7
31-50	Dobro	13	10	7	8	/	10	9	11	6	11	10
11-30	Vrlo dobro	7	9	5	7	5	5	10	2	7	/	5
0-10	Odlično	10	11	18	10	8	/	11	/	12	/	4

**Tabela 84: Rezultati subjektivnog ocenjivanja udobnosti odevne kombinacije D**

Broj bodova	Ocena udobnosti	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Uzorak 5	Uzorak 6	Uzorak 7	Uzorak 8	Uzorak 9	Uzorak 10	Uzorak 11
71-90	Loše	/	/	/	5	/	7	/	9	/	10	/
51-70	Zadovoljavajuće	11	12	3	6	2	9	8	9	12	12	19
31-50	Dobro	12	10	8	10	5	14	8	10	9	8	7
11-30	Vrlo dobro	5	3	9	6	10	/	8	2	9	/	3
0-10	Odlično	2	5	10	3	13	/	6	/	/	/	1

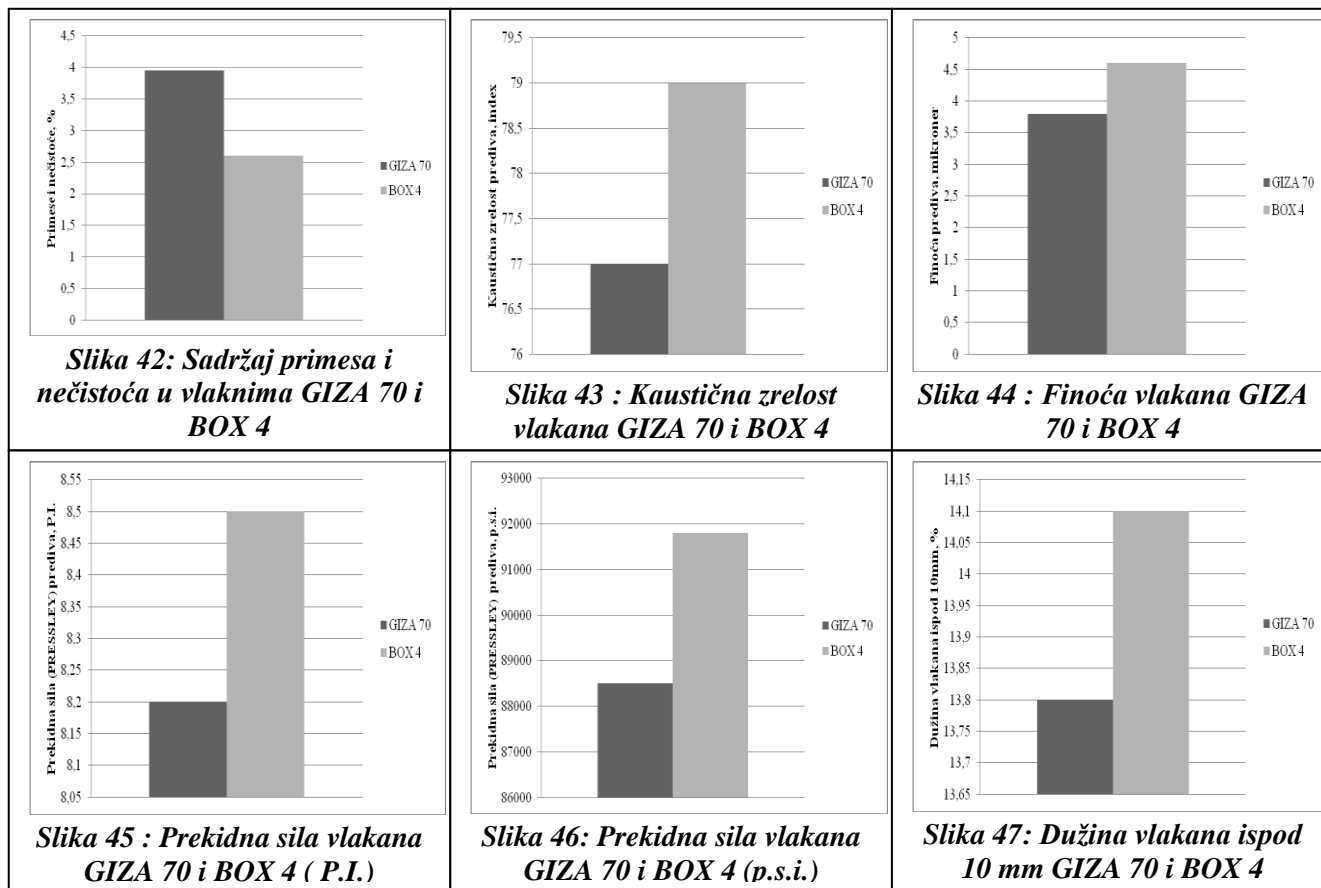
## 4. DISKUSIJA REZULTATA

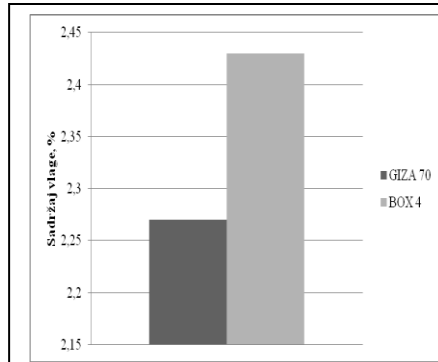
Diskusija rezultata je podeljena u dva dela. Prvi deo se odnosi na fizičko-mehaničke karakteristike materijala i odeće, a drugi deo se odnosi na termofiziološke parametre istih.

### 4.1. FIZIČKO-MEHANIČKE KARAKTERISTIKE TKANINA

#### 4.1.1. Poređenje karakteristika pamučnih i poliestarskih vlakana

Poređenjem karakteristika sirovih pamučnih vlakana GIZA 70 i BOX 4 konstatovano je da vlakna Giza 70 u odnosu na vlakna BOX 4: sadrže veći procenat primesa i nečistoća (slika 42), imaju manju kaustičnu zrelost (slika 43), su finija tj.tanja (slika 44), imaju manju prekidnu silu (slika 45 i 46), sadrže manji procenat vlakana dužine ispod 10 mm (slika 47) i sadrže manji procenat vlage (slika 48).





**Slika 48: Sadržaj vlage u vlaknima GIZA 70 i BOX 4**

Pri ispitivanju tkanina, uzorci 1-11, mešavina Co/PES, ustanovljeno je da je upotrebljeno poliestarsko vlakno ESLON.

S obzirom da se finoća pamučnih vlakana izražava u mikronerima, radi poređenja finoće pamučnih vlakana sa finoćom poliestarskih vlakana izvršeno je preračunavanje vrednosti mikronera u dtex (faktor konverzije iznosi 2,54).

Finoća pamučnog vlakna art. GIZA 70 FG-1/4  $\frac{3,8 \text{ mikronera}}{2,54} = 1,49 \text{ dtex}$

Finoća pamučnog vlakna art. BOX 4  $\frac{4,6 \text{ mikronera}}{2,54} = 1,81 \text{ dtex}$

Prema standardu SRPS F.B1.021:1984 Pamučna vlakna- Tehnički uslovi, (tačka 3.7- Jačina-prekidna sila vlakana) [117], izvršeno je razvrstavanje prekidnih sila pamučnih vlakana. Radi poređenja prekidnih sila pamučnih vlakana sa prekidnim silama poliestarskih vlakana izvršeno je preračunavanje vrednosti izraženih u jedinicama p.s.i. u cN/tex.

Prekidna sila za pamučno vlakno art. GIZA 70 FG-1/4  $\frac{89000 \cdot 0,486}{1000} = 43,25 \frac{\text{cN}}{\text{tex}}$

Prekidna sila za pamučno vlakno art. BOX 4  $\frac{92000 \cdot 0,486}{1000} = 44,71 \frac{\text{cN}}{\text{tex}}$

Pri preračunavanju jedinica p.s.i. u cN/tex primenjen je standard ASTM D 1445 - Standardna metoda ispitivanja prekidne sile i izduženja pamučnih vlakana (metoda snopa) [118].

U tabeli 85 izvršeno je poređenje pamučnih i poliestarskih vlakana u pogledu dužina, finoća i prekidnih sila.

ESLON vlakno se boji bez upotrebe posebnih kerijera, već samo na odgovarajućem pritisku i temperaturi, što je još jedna prednost u primeni ovog vlakna. Ovo vlakno i po uzdužnom preseku veoma je slično pamučnim vlaknima BOX 4 i GIZA 70, što predstavlja još jedan razlog za izradu mešavine ova dva vlakana.

**Tabela 85: Poređenje dužine, finoće i prekidnih sila vlakana pamuka i poliestera (GIZA 70, BOX 4, ESLON)**

	GIZA70	BOX 4	ESLON
Sirovinski sastav	100 % Co	100 % Co	100 % PES
Dužina (mm)	35/36 mm	27/28 mm	38 mm
Finoća vlakna	3,8 mikroner 1,49 dtex	4,6 mikroner 1,81 dtex	1,4 dtex
Prekidna sila vlakna	8,2 P.I. 89000 psi 43,25 cN/tex	8,5 P.I. 92000 psi 44,71 cN/tex	56,6 cN/tex

#### **4.1.2. Poređenje karakteristika PES filamtne i Co/PES pređa**

##### **4.1.2.1. Karakteristike PES filamentne pređe**

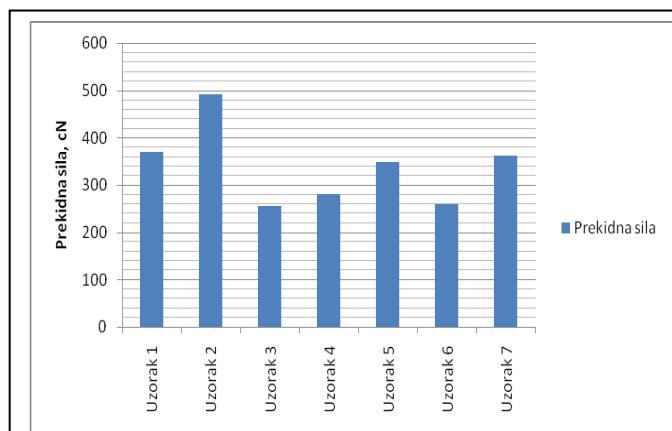
PES filamentna pređa art. CONCORDIA TEXTILES 70/29/1 korištena je pri tkanju poliestarske tkanine art. Brick (uzorak 12), a ona je upotrebljena kao podloga za laminiranje membranama (uzorci 13, 14) i naslojavanjem (uzorak 15).

Ispitivanje PES pređe izvršeno je iz tkanine. Konstatovano je da su i osnova i potka izrađene od filamentne, teksturirane pređe iste finoće. Pređa primenjena u izradi osnove ima 36 fibrila, a u potki ima 68.

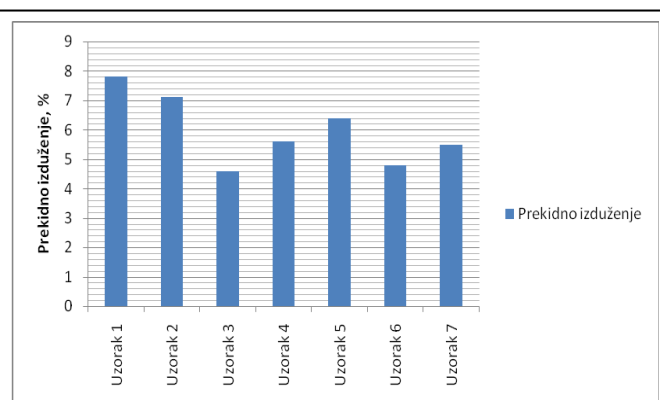
AIR JET pređa je u ovoj tkanini jako prepletana, teksturirana, broj prepleta (slepljenih mesta) je 105-110 na 1 m.

#### 4.1.2.2. Karakteristike Co/PES pređe

Pri tkanju uzoraka 1-11 korišteno je sedam pređa. Svih sedam pređa u svom sirovinskom sastavu sadrže pamuk i poliestar ali u različitim procentima. Četiri pređe imaju po 50 % Co i 50 % PES i to su uzorci: 1, 2, 5 i 7. Preostale tri pređe su sirovinskog sastava 67 % Co i 33 % PES, a to su uzorci: 3, 4 i 6. Na slikama 49 do 55 prikazane su uporedne karakteristike svih sedam pređa.



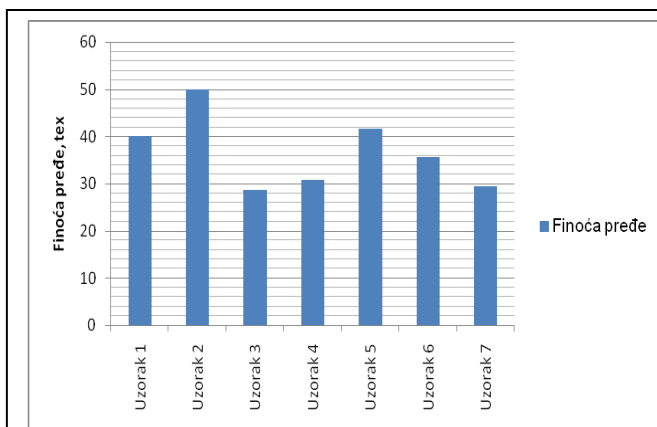
Slika 49: Prekidna sila pređa izrađenih od Co/PES



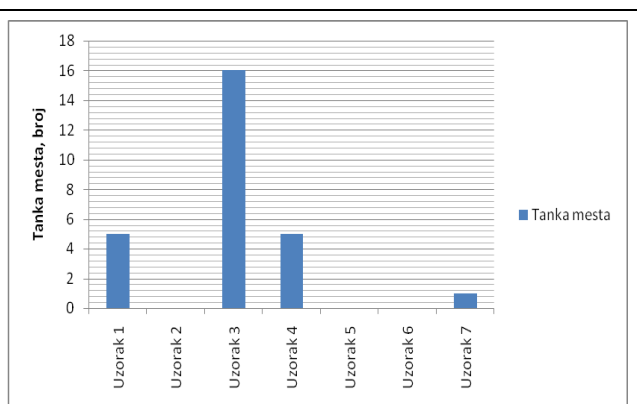
Slika 50: Prekidno izduženje pređa izrađenih od Co/PES

Slika 51 prikazuje rezultujuću finoću svih sedam Co/PES pređa. Najfinija pređa je uzorak 3, a najgrublja uzorak 2.

Veoma važna karakteristika pređe koja direktno utiče na tkanje je ravnomernost. Ona se ogleda kroz sadržaj tankih i debelih mesta, kao i nopa na pređi. Poređenjem rezultata dobijenih brojanjem tankih mesta (slika 52) može se konstatovati da na tri uzorka (uzorci 2, 5 i 6) nema tankih mesta, da na uzorku 3 ima najviše tankih mesta.



Slika 51: Finoća pređa izrađenih od Co/PES

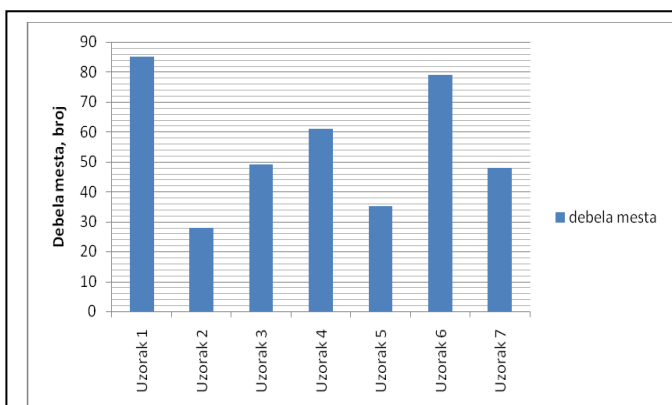


Slika 52: Broj tankih mesta na pređi izrađenoj od Co/PES

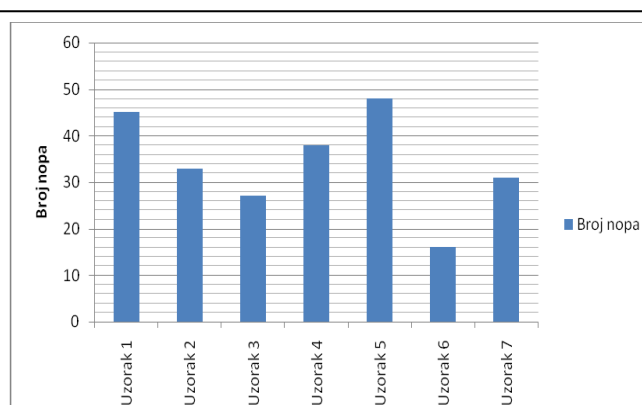


Broj debelih mesta prikazan je na slici 53 za svih sedam Co/PES pređa. Može se konstatovati da najveći broj debelih mesta imaju uzorci 1 i 6, a najmanje uzorci 2 i 5. Na slici 54 prikazan je broj nopa na pređi izrađenoj od mešavine Co/PES i može se zaključiti da najviše nopa imaju pređe uzorci 5 i 1, a najmanje uzorak 6.

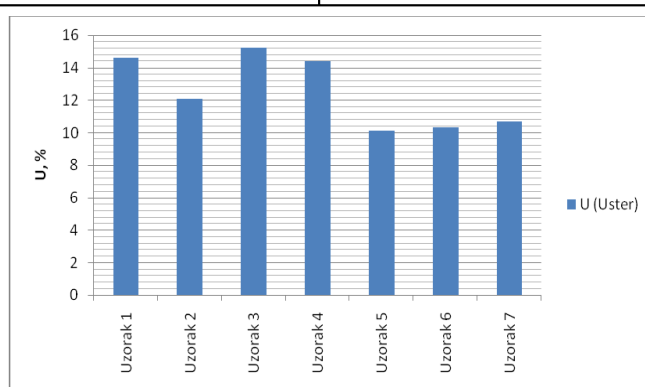
Broj tankih i debelih mesta, kao i broj nopa imaju veliki uticaj na postupak tkanja, jer na tim mestima postoji velika mogućnost da se pri naprezanju, koje je očekivano u postupku tkanja, žice pokidaju. Slika 55 prikazuje ravnomernost pređe izrađene od Co/PES na Usteru izraženu u %. Prema slici 55 najravnomernije Co/PES pređe su uzorci 5 i 6.



**Slika 53: Broj debelih mesta na pređi izrađenoj od Co/PES**



**Slika 54: Broj nopa na pređi izrađenoj od Co/PES**



**Slika 55: Ravnomernost pređe izrađene od Co/PES na Usteru izražena u %**

#### **4.1.3. Praćenje promena karakteristika tkanine (uzorci 1-11) tokom različitog broja pranja**

Promene fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES pri 50 ciklusa pranja, prikazane su na slikama od 56 do 59. Treba napomenuti da je u cilju ubrzanja procesa ispitivanja pri 50 ciklusa pranja, svaki uzorak tkanine, podeljen na 10 uzoraka, pa je iz tog razloga došlo do malih razlika u rezultatima merenja karakteristika posle svakog ciklusa pranja.

Tabela 86 prikazuje uporedni pregled smanjenja površinske mase i prekidnih sila u pravcu osnove i u pravcu potke, sila cepanja u pravcu osnove i u pravcu potke, posle 50 ciklusa pranja na uzorcima 1-11, i to izraženo u %.

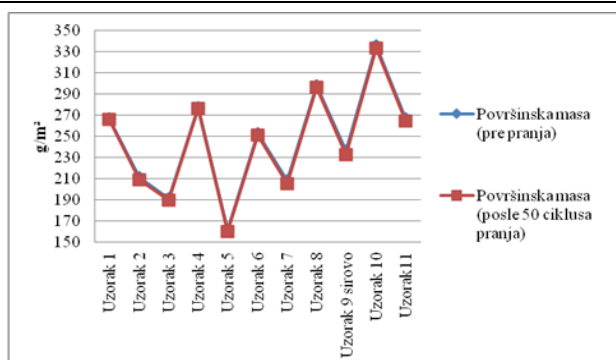
Praćenjem promena karakteristika tkanina (uzorci 1-11) pri 50 ciklusa pranja, dolazi do neznatnog opadanja površinskih masa na svih 11 uzoraka (slika 56), čije vrednosti se kreću u opsegu od  $0,5 \text{ g/m}^2$  (0,2 % masenih) do  $3,6 \text{ g/m}^2$  (1,5 % masenih), što je posledica odstranjivanja kratkih vlakana putem flote u procesu pranja i ceđenja (centrifugiranja). Takođe, dolazi do slabljenja fizičko mehaničkih karakteristika i to: prekidnih sila (slike 57, 58) i sila cepanja (slike 59, 60) u pravcu osnove i potke, što se može videti i iz tabele 86, u kojoj su prikazana smanjenja vrednosti izmerenih prekidnih sila i sila cepanja u pravcu osnove i potke izraženih u %. Do smanjenja u prekidnim silama i silama cepanja u pravcu osnove i potke, došlo je iz više razloga, delimično usled smanjenja površinske mase, dejstava centrifugalne sile, deterdženta i trenja pri pranju.

Smanjenje vrednosti prekidnih sila u pravcu osnove izraženo u %, kreće se u opsegu od 2,7 % do 21,4 %, a potke od 10,2 % do 24 %. Iz tabele 86 vidi se da je na uzorku 5 došlo do velikih promena u smanjenju prekidnih sila u pravcu osnove, što se može pripisati samo nekom poremećaju u toku procesa pranja.

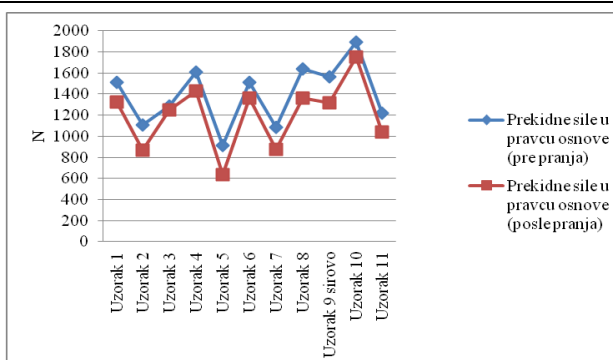
Smanjenje vrednosti sila cepanja tkanine u pravcu potke izraženo u %, kreće se u opsegu od 9,3 % do 19,5 %, a osnove od 5,4 % do 21,6 %. Razlog smanjenja vrednosti prekidnih sila u pravcu osnove i potke, kao i sila cepanja u pravcu osnove i potke, može se protumačiti kroz dejstvo centrifugalne sile, deterdženta i postupka trenja pri pranju.

**Tabela 86: Promena površinske mase, prekidnih sila i sila cepanja posle pranja**

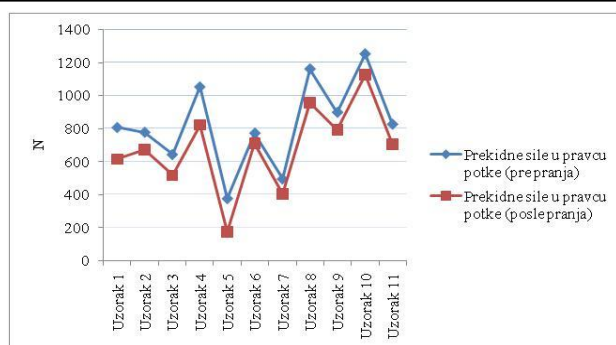
Oznaka uzorka	Smanjenje površinske mase		Smanjenje prekidnih sila		Smanjenje sila cepanja	
	g/m <sup>2</sup>	%	osnove, %	potke, %	osnove, %	potke, %
1	0,5	0,2	12,1	24,0	5,4	14,3
2	2,2	1,0	21,4	14,0	9,0	9,3
3	1,4	0,7	2,7	20,0	15,9	10,4
4	1,4	0,5	10,5	22,1	10,8	13,0
5	2,1	1,3	30,6	54,3	13,1	12,4
6	1,4	0,5	10,1	8,6	21,6	18,7
7	3,3	1,6	19,4	18,7	14,7	19,7
8	1,6	0,5	17,0	17,8	19,7	16,1
9	3,6	1,5	15,4	12,0	19,7	15,8
10	1,7	0,5	7,4	10,2	17,1	18,3
11	1,9	0,7	14,7	15,1	19,1	19,5



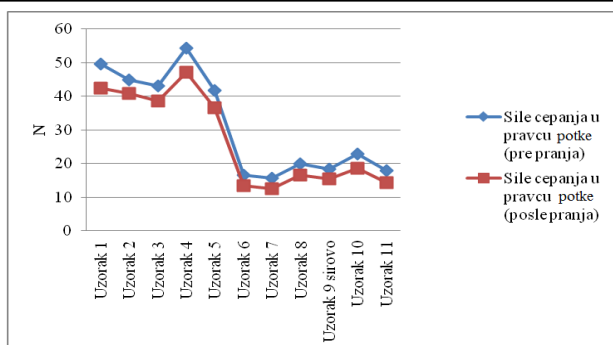
**Slika 56: Praćenje promene površinske mase pre i posle velikog broja pranja**



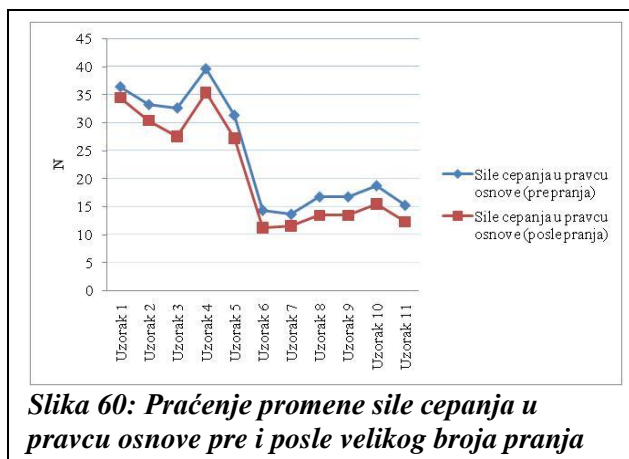
**Slika 57: Praćenje promene prekidne sile u pravcu osnove pre i posle velikog broja pranja**



**Slika 58: Praćenje promene prekidne sile u pravcu potke pre i posle velikog broja pranja**



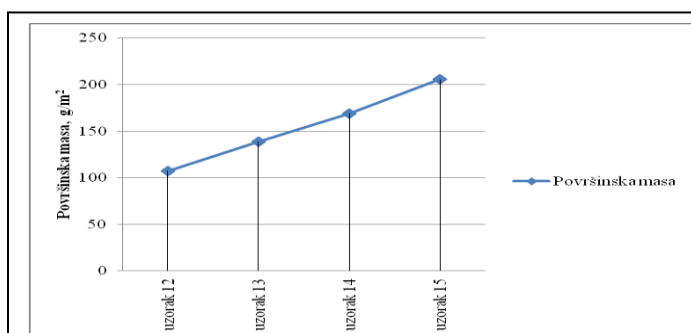
**Slika 59: Praćenje promene sile cepanja u pravcu potke pre i posle velikog broja pranja**



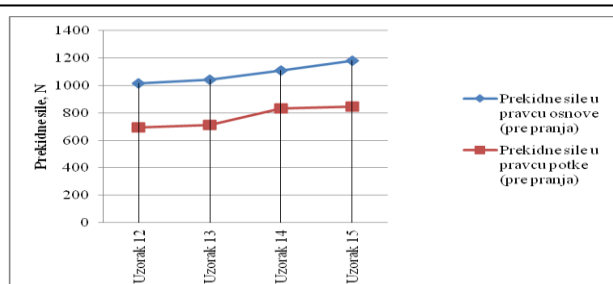
**Slika 60: Praćenje promene sile cepanja u pravcu osnove pre i posle velikog broja pranja**

#### 4.1.4. Praćenje promene karakteristika tkanina izrađenih od 100 % PES i naslojenih različitim materijalima

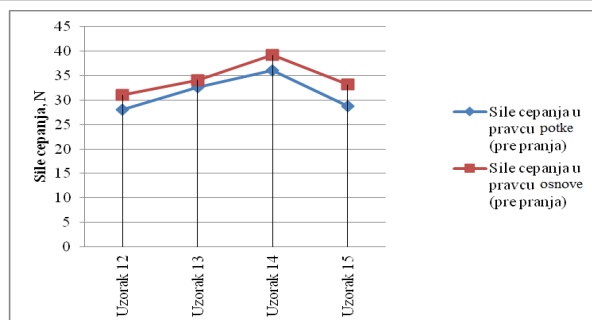
Praćenje fizičko-mehaničkih karakteristika tkanine (uzorci 12-15) prikazane su na slikama 61–63.



**Slika 61: Praćenje promene površinskih masa tkanina izrađene od 100 % PES i naslojene različitim materijalima (uzorci 12-15)**



**Slika 62: Praćenje promene prekidnih sila u pravcu osnove i u pravcu potke tkanina izrađenih od 100 % PES i laminirane različitim materijalima (uzorci 12-15)**



**Slika 63: Praćenje promene sile cepanja u pravcu osnove i potke tkanina izrađenih od 100 % PES i laminirane različitim materijalima (uzorci 12-15)**

Uzorak 12 je osnovni materijal (100 % PES) koji je na uzorku 13 laminiran PTFE membranom, na uzorku 14 PU membranom, a na uzorku 15 naslojen PU nanosom i laminiran flisom (pletanina), pa je povećanje površinske mase očekivano (slika 61), kao i povećanje prekidnih sila u pravcu osnove i potke (slika 62) u odnosu na osnovni materijal uzorak 12.

Razlika u površinskoj masi prikazana je u tabeli 32. Razlika u površinskoj masi uzorka 13 i uzorka 12 iznosi  $31,2 \text{ g/m}^2$  i predstavlja površinsku masu PTFE membrane i adhezivnih sredstava. Uzorak 14 ima  $61,7 \text{ g/m}^2$  veću površinsku masu od uzorka 12, što znači da je PTFE membrana lakša od poliuretanske membrane primenjene na uzorku 14. Uzorak 15 je troslojan i on od osnovne tkanine ima površinsku masu veću za  $98,3 \text{ g/m}^2$ . Razlika u površinskoj masi uzoraka 12 i 15 predstavlja masu nanosa i pletenine na uzorku 15.

Pregledom vrednosti prekidnih sila u pravcu osnove i potke ustanovljeno je da se one povećavaju od uzorka 12 do uzorka 15, što je i očekivano, obzirom na pojačanu strukturu uzoraka 13-15, a to je posebno izraženo kod uzorka 15 koji sadrži treći sloj pleteninu (slika 62).

Sa slike 63 vidi se da pri laminiranju tj. naslojavanju dolazi do rasta sila cepanja u pravcu osnove i potke, sem u slučaju sile cepanja osnove na uzorku 15. Osnovna tkanina uzorak 12, ima najmanju površinsku masu, najslabiji je. Ostale tri tkanine su ojačane membranama tj. nanosima i adhezivnim sredstvima. S obzirom da debljina membrane nije mogla biti izmerena, veće sile cepanja u pravcu osnove i potke uzoraka 14 u odnosu na osnovnu tkaninu uzorak 12 pripisuju se doprinosu mase i jačine PU membrane, kao i primenjenim adhezivnim sredstvima. Neznatno povećanje sile cepanja u pravcu potke uzorka 15 u odnosu na osnovni materijal (uzorak 12) objašnjava se strukturom nanetog sloja, koji ima manju jačinu od membrane na uzorku 14.

#### ***4.1.5. Praćenje promena karakteristika tkanine uzorci 12-15 tokom različitog broja pranja***

U cilju preglednosti dijagrama formirane su dve y ose na slici 64, gde se posebno prikazuje y osu za površinsku masu pre pranja - y osa je sa leve strane dijagrama, a posebno y osu za površinsku masu posle 50 ciklusa pranja – y osa sa desne strane dijagrama.

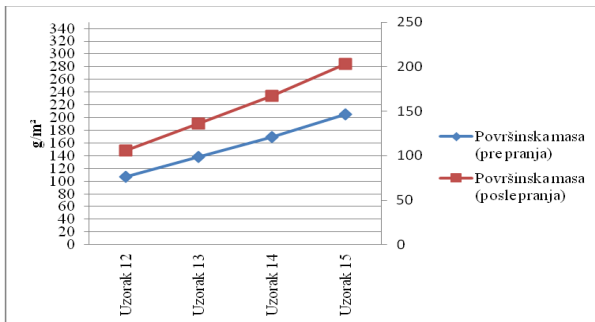
Praćenjem promena karakteristika tkanina (uzorci 12-15) pri 50 ciklusa pranja dolazi do neznatnog opadanja površinske mase, čije vrednosti se kreću u opsegu od  $1,4 \text{ g/m}^2$  (1,3 %

masenih) do  $2,5 \text{ g/m}^2$  (1,2 % masenih), što je posledica odstranjivanja kratkih vlakana putem flote u procesu pranja i ceđenja (centrifugiranja) (slika 64).

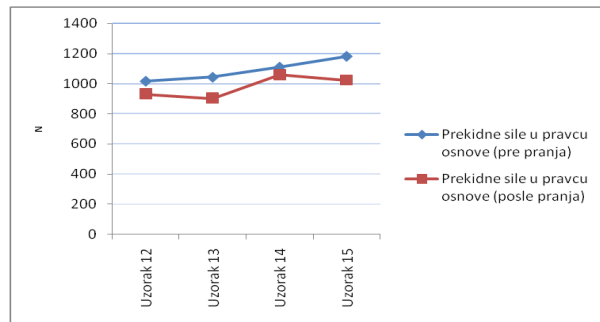
Takođe, dolazi do slabljenja fizičko mehaničkih karakteristika i to: prekidnih sila (slike 65, 66) i sila cepanja (slike 67, 68) u pravcu osnove i potke, što se može videti i iz tabele 87, u kojoj su prikazana smanjenja vrednosti izmerenih prekidnih sila i sila cepanja izraženih u %. Do smanjenja u prekidnim silama i silama cepanja došlo je iz više razloga, delimično usled smanjenja površinske mase, dejstava centrifugalne sile, deterdženta i trenja pri pranju.

Smanjenje vrednosti prekidnih sila u pravcu osnove izraženo u %, kreće se u opsegu od 4,6 % do 13,5 %, a u pravcu potke od 4,2 % do 16,5 %. Smanjenje vrednosti sila cepanja tkanine izraženo u %, u pravcu potke kreće se u opsegu od 6,4 % do 43,5 %, a osnove od 6,7 % do 29,8 %. Razlog smanjenja vrednosti prekidnih sila (u pravcu osnove i potke), kao i sila cepanja (u pravcu osnove i potke), može se protumačiti kroz dejstvo centrifugalne sile, deterdženta i postupka trenja pri pranju.

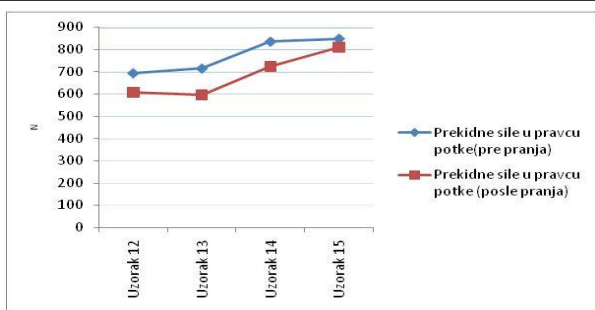
Iz tabele 87 vidi se da su se prekidne sile (u pravcu osnove) posle 50 ciklusa pranja na uzorku 14 smanjile najmanje, što se može objasniti strukturom PU membrane, dobra jačina i kompaktnost sa osnovnom tkaninom. Takođe, prekidna sila tkanine u pravcu potke na uzorku 15 imala je najmanje smanjenje izraženo u %. Razlog tome je što na uzorku 15, uzorak 12 sadrži i treći sloj tj. pleteninu (slika 66). Sile cepanja posle 50 ciklusa pranja, posmatrano kroz smanjenje vrednosti izraženo u %, najmanje su kod uzorka 13, što ukazuje da je PTFE membrana bila veoma dobro spojena za osnovnu tkaninu i to je uticalo na veoma dobar rezultat. Najveća promena izražena u %, desila se na uzorku 15, gde je smanjenje sile cepanja u pravcu potke iznosilo čak 43,5 %, što se može objasniti strukturom nanosa (tanji je i slabije vezan za osnovni materijal) i malom jačinom pletenine kao trećeg sloja (slika 67). Treba napomenuti da je u cilju ubrzanja procesa ispitivanja pri 50 ciklusa pranja, svaki uzorak tkanine, podeljen na 10 uzoraka, pa je iz tog razloga došlo do malih razlika u rezultatima merenja karakteristika posle svakog ciklusa pranja.



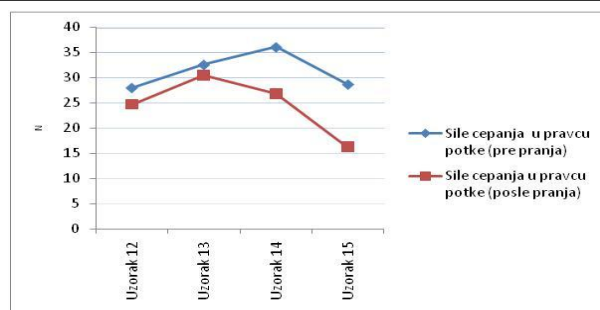
**Slika 64: Praćenje promena površinske mase pre i posle velikog broja pranja za uzorke tkanina 12-15**



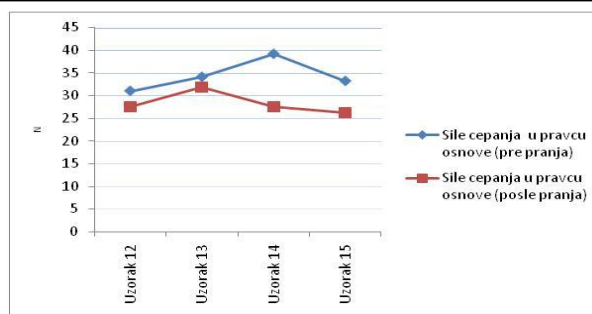
**Slika 65: Praćenje promena prekidne sile u pravcu osnove pre i posle velikog broja pranja za uzorke tkanina 12-15**



**Slika 66: Praćenje promene prekidne sile u pravcu potke pre i posle velikog broja pranja za uzorke tkanina 12-15**



**Slika 67: Praćenje promene sile cepanja u pravcu potke pre i posle velikog broja pranja za uzorke tkanina 12-15**



**Slika 68: Praćenje promene sile cepanja u pravcu osnove pre i posle velikog broja pranja za uzorke tkanina 12-15**

Tabela 87 prikazuje uporedni pregled smanjenja površinske mase i prekidnih sila u pravcu osnove i u pravcu potke, sila cepanja u pravcu osnove i u pravcu potke, posle 50 ciklusa pranja na uzorcima 12-15, i to izraženo u %.

**Tabela 87: Praćenje promena površinske mase, prekidnih sila i sila cepanja posle pranja**

Oznaka uzorka	Smanjenje površinske mase		Smanjenje prekidnih sila		Smanjenje sila cepanja	
	g/m <sup>2</sup>	%	U pravcu osnove %	U pravcu potke %	U pravcu osnove %	U pravcu potke %
12	1,4	1,3	8,4	12,4	11,2	11,7
13	2,5	1,8	13,5	16,5	6,7	6,4
14	2,2	1,3	4,6	13,1	29,8	25,7
15	2,5	1,2	13,4	4,2	21,1	43,5

#### **4.1.6. Karakteristike nelepljive međupostave**

Sirovinski sastav postave je 100 % PES, površinske mase 85 g/m<sup>2</sup>. Ova tkanina ima veliku otpornost prolazu vodene pare i vrednost R<sub>et</sub> iznosi 0,8 m<sup>2</sup>Pa/W. Toplotna otpornost ove tkanine je veoma mala i vrednost R<sub>ct</sub> iznosi 0,01 m<sup>2</sup>K/W.



## 4.2. OTPORNOST TKANINA PROLAZU TOPLOTE I VODENE PARE

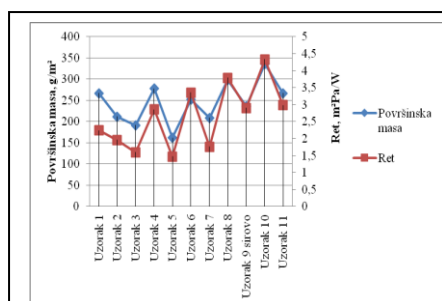
### 4.2.1. Praćenje termofizioloških karakteristika tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES

Promene termofizioloških karakteristika tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES prikazane su na slikama 69-71. Radi bolje preglednosti dijagrama formirane su dve y ose na slikama 69, 70 i 71:

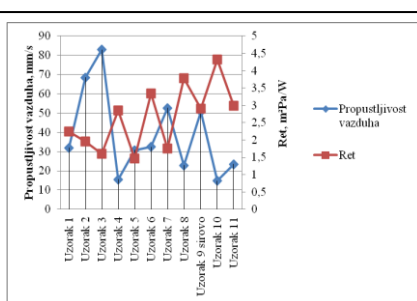
-Slika 69 posebno prikazuje y osu za dobijene vrednosti površinske mase - y osa je sa leve strane dijagrama, a posebno y osu za vrednosti  $R_{et}$  – y osa sa desne strane dijagrama;

-Slika 70 posebno prikazuje y osu za dobijene vrednosti propustljivosti vazduha - y osa je sa leve strane dijagrama, a posebno y osu za vrednosti  $R_{et}$  – y osa sa desne strane dijagrama;

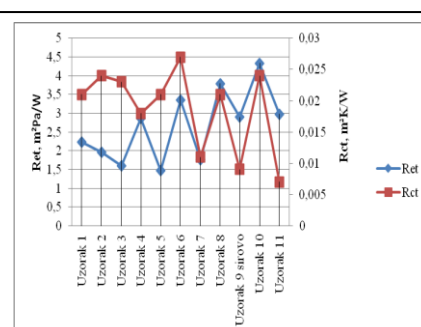
-Slika 71 posebno prikazuje y osu za dobijene vrednosti  $R_{et}$  - y osa je sa leve strane dijagrama, a posebno y osu za vrednosti  $R_{ct}$  – y osa sa desne strane dijagrama.



**Slika 69: Praćenje promene površinska masa i  $R_{et}$  tkanina izrađenih od mešavine Co/PES (uzorci 1-11)**



**Slika 70: Praćenje promene propustljivost vazduha i  $R_{et}$  tkanina izrađenih od mešavine Co/PES (uzorci 1-11)**



**Slika 71: Praćenje promene  $R_{et}$  i  $R_{ct}$  tkanina izrađenih od mešavine Co/PES (uzorci 1-11)**

Propustljivost vazduha zavisi od: finoće pređe, (što je pređa finija, pri istoj gustini žica, propustljivost vazduha je veća), gustine žica (ukoliko tkanina ima veći broj žica u osnovi i potki, tkanina je gušća i manje propušta vazduh) i prepletaja (tabela 19, 40). Tkanine izrađene u prepletaju kombinovani platno-rips (uzorci 2 i 3) imaju veću propustljivost vazduha od ostalih tkanina. Veliki uticaj na propustljivost vazduha kroz tkaninu ima i dužina vlakana, tip pređe, odnosno da li je pređa dobijena postupkom open-end, kardiranjem ili češljanjem, zatim da li je

pređa tanja ili deblja. Takođe, može se primetiti da ukoliko je vrednost propustljivosti vazduha manja, vrednost  $R_{et}$ -a raste (tabela 40).

Iz tabele 40 vidi se da se na tkaninama koje nisu oprane, izrađenim u mešavini Co/PES,  $R_{et}$  vrednosti kreću u intervalu od 1,47-4,33  $m^2Pa/W$ . Obzirom da prema klasifikaciji otpor prolazu vodene pare kroz materijal prema Hohenstein Institutu vrednosti od 1-6  $m^2Pa/W$  predstavljaju odličnu ili ekstremnu dišljivost u veoma toplim uslovima „Veoma dobro ili ekstremno udobno pri veoma brzim aktivnostima“, sve vrednosti pokazuju dobar otpor prolazu vodene pare kroz materijal. Najveća vrednost  $R_{et}$  izmerena je na uzorku 10, a najmanja na uzorku 5.

Vrednosti toplotne otpornosti ( $R_{ct}$ ) dobijene merenjem na tkaninama izrađenih od mešavine Co/PES (uzorci 1-11), kreću se u intervalu od 0,007-0,027  $m^2K/W$ . Rezultat pokazuje veoma malu toplotnu otpornost svih tkanina. Najmanja toplotna otpornost je izmerena na uzorku broj 11, a najveća na uzorku broj 6. Uzorak 6 je najdeblja tkanina i prepletaj mu je keper 3:1, što se smatra uzrokom male toplotne otpornosti.

Ni jedna tkanina nije bila obrađena doradom za vodoodbojnost (spray-test, niti za Bundesmanov test kišnim tušem-okišnjavanjem) i vodonepropustljivost, pa se ti rezultati i ne mogu porediti, ali su uzeti u razmatranje zbog zahteva standarda “Klasifikacija termoregulacionih svojstava”- CEN/TR 16422:2012 [119].

Rezultati vodo-odbojnosti tkanina pomoću Bundesmanovog testa kišnim tušem svih tkanina su približno isti i kreću se u intervalu od 60,36-67,13 % (tabela 40).

Rezultati vodonepropustljivosti se kreću u intervalu od 15-25 cm  $H_2O$  (tabela 40).

Sve tkanine imaju veoma dobre vrednosti  $R_{et}$  i veoma male vrednosti  $R_{ct}$ . Obzirom da su vrednosti  $R_{et}$  i  $R_{ct}$  obrnuto proporcionalne (slika 71), jasno je da ukoliko se  $R_{et}$  vrednosti povećavaju,  $R_{ct}$  vrednosti opadaju (tabela 40).

Na osnovu slike 69 može se konstatovati da površinska masa ima veliki uticaj na otpornost prolazu vodene pare, što je površinska masa veća i vrednost  $R_{et}$  se povećava. Posmatranjem vrednosti propustljivosti vazduha na uzorcima 1-11 i poređenjem sa vrednostima  $R_{et}$  može se konstatovati da su ove dve vrednosti disproporcionalne, odnosno sa povećanjem vrednosti  $R_{et}$  smanjuje se propustljivost vazduha (slika 70). Na osnovu slike 71 primećuje se da su vrednosti  $R_{et}$  i  $R_{ct}$  disproporcionalne, jer sa povećanjem otpora prolazu vodene pare dolazi do smanjenja vrednosti toplotne otpornosti.

Tokom ispitivanja poređeni su rezultati tkanine uzorak 9 i uzorak 6. Obzirom da se radi o istom artiklu mogu se konstatovati promene nastale tokom bojenja i dorade sirove tkanine.

Na bojenoj tkanini (uzorak 6) u odnosu na sirovu - ne obojenu tkaninu (uzorak 9) došlo je do promene sledećih fizičko-mehaničkih parametara:

-Površinska masa je povećana za  $15,9 \text{ g/m}^2$  (6,7 %), zbog skupljanja tkanine pri postupku bojenja;

-Prekidna sila tkanine u pravcu osnove se smanjila za 47 N (3 %), a prekidna sila tkanine u pravcu potke za 126 N (16,2 %) zbog naprezanja koje je pretrpelo u toku postupka bojenja i dorade;

-Sila cepanja tkanine u pravcu osnove se smanjila za 1,8 N (10,9 %), a sila cepanja tkanine u pravcu potke za 2,4 N (16,7 %) zbog naprezanja koje je pretrpelo u toku postupka bojenja i dorade;

-Finoća pređe osnove se povećala za 1,1 tex (3,5 %), a finoća pređe potke za 0,3 tex (1 %) zbog skupljanja pri postupku bojenja i dorade;

-Gustina žica osnove se povećala za 3,7 žica ( $\text{cm}^{-1}$ ) tj. 8,35 %, a gustina žica potke za 0,4 žice ( $\text{cm}^{-1}$ ) tj. 1,5 %, što je posledica skupljanja tkanine i povećanja površinske mase tkanine. Veće skupljanje je izmereno u pravcu osnove, nego u pravcu potke;

-Debljina tkanine 6 je veća od debljine tkanine 9, zbog skupljanja tkanine, ali i zbog procesa čupavljenja pri postupku bojenja i dorade.

Fizičko-mehaničke promene koje su konstatovane na uzorcima 6 i 9 uticale su na promene termofizioloških karakteristika istih uzoraka. Prema tome, uočene su sledeće promene termofizioloških karakteristika:

-Propustljivost vazduha se smanjila za 18,4 mm/s (36,2 %), zbog skupljanja tkanine (slika 70);

-Vrednost  $R_{et}$  se povećala za  $0,45 \text{ m}^2\text{Pa/W}$  (15,5 %);

-Toplotna otpornost je jedini parametar koji se povećao pri bojenju i to za  $0,018 \text{ m}^2\text{K/W}$  (300 %), što je logična posledica povećanja gustine žica u tkanini. Na osnovu prikazanih razlika primetno je da bojenje i dorada utiču i na promenu termofizioloških svojstava tkanine, usled promene strukture tkanine (smanjenje propustljivosti vazduha i povećanje  $R_{et}$  i  $R_{ct}$  vrednosti).

Sirova tkanina (uzorak 9) nije bila doradena na vododbojnost (spray test, Bundesman) i vodonepropustljivost, pa tu nije ni došlo do bitnijih promena u rezultatima.

Na osnovu dobijenih rezultata (tabela 19 i 40), a prema standardu CEN/TR 16422:2012- Klasifikacija termoregulacionih svojstava poglavlje 5.3, tabela 4 [119], može se izvršiti klasifikacija ispitivanih tkanina (uzorci 1-11):

1) -Nivoi zaštite materijala srednjeg sloja, topla sredina

Klasa A (veoma dobro): uzorci 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9 i 11 ( $R_{et} < 3 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ )

Klasa B (dobro): uzorci 6 i 8 ( $R_{et} < 4 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ )

Klasa C (prihvatljivo): uzorak 10 ( $R_{et} < 5 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ )

2) -Nivoi zaštite za materijale spoljašnjeg sloja, topla sredina

Klasa A (veoma dobro): uzorci 4, 7, 9 i 11 ( $R_{ct} < 0,02 \text{ m}^2\text{K/W}$ )

Klasa B (dobro): uzorci 1, 2, 3, 5, 6, 8 i 10 ( $0,02 \text{ m}^2\text{K/W} < R_{ct} < 0,035 \text{ m}^2\text{K/W}$ )

Klasa C (prihvatljivo): nema ( $0,035 \text{ m}^2\text{K/W} < R_{ct} < 0,045 \text{ m}^2\text{K/W}$ )

Iz klasifikacije se vidi da su uzorci tkanina okarakterisani kao veoma dobri i dobri za oblačenje u toplim klimatskim uslovima.

3) -Nivoi zaštite za materijale spoljašnjeg sloja, hladna sredina

Klasa A (veoma dobro): nema ( $R_{ct} > 0,08 \text{ m}^2\text{K/W}$  i  $R_{et} < 4 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ )

Klasa B (dobro): nema ( $0,08 \text{ m}^2\text{K/W} > R_{ct} > 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$  i  $4 \text{ m}^2\text{Pa/W} < R_{et} \leq 5 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ )

Klasa C (prihvatljivo): nema ( $R_{ct} < 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$  i  $5 \text{ m}^2\text{Pa/W} < R_{et} < 6 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ )

Prema ovoj tabeli ni jedna od tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES nije termofiziološki podobna za nošenje u hladnoj sredini.

#### **4.2.2. Praćenje promena karakteristika tkanine uzorci 1-11 tokom različitog broja pranja**

Promene termofizioloških karakteristika tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES pri 50 ciklusa pranja, prikazane su na slikama 72-74.

Praćenjem promena karakteristika tkanina (uzorci 1-11) tokom različitih ciklusa pranja, dolazi do neznatnih promena termofizioloških karakteristika i to:

- $R_{et}$ , otpornost prolazu vodene pare, čije vrednosti se kreću u opsegu od  $1,84 \text{ m}^2\text{Pa/W}$  do  $3,9 \text{ m}^2\text{Pa/W}$  (tabela 88). Otpornost prolazu vodene pare pri 50 ciklusa pranja je na svim uzorcima 1-11 rasla (slika 72);

- $R_{ct}$ , toplotna otpornost, čije vrednosti se kreću u opsegu od 0,0004 m<sup>2</sup>K/W do 0,01 m<sup>2</sup>K/W (tabela 88). Toplotna otpornost je pri 50 ciklusa pranja bila manja na svim uzorcima 1-11 (slika 73);

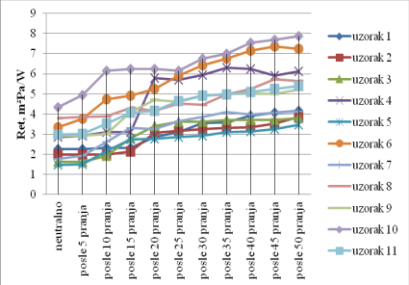
-propustljivost vazduha, čije vrednosti se kreću u opsegu od 0,9 mm/s do 15,6 mm/s (tabela 88). Posle 50 ciklusa pranja vrednosti propustljivosti vazduha su se smanjile na svim uzorcima 1-11 (slika 74).

Odstupanja nastala posle 50 ciklusa pranja, a u vrednostima propustljivosti vazduha, otpornosti prema polazu vodene pare, kao i toplotnoj otpornosti došlo je zbog skupljanja tkanine, odnosno malo povećanje gustine žica. Međutim, izmerena odstupanja nisu velika i ne utiču na termofiziološka svojstva odevnih predmeta (tabela 88).

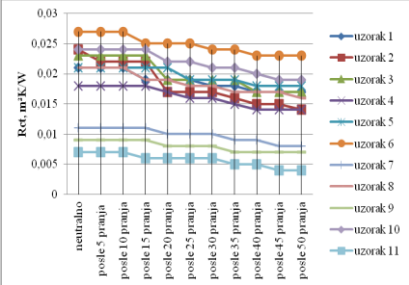
Ni jedan od uzoraka tkanina (uzorci 1-11) nije bio doradna na vodoodbojnost (sprey test i test Bundesman) i vodonepropustljivost, pa nije moglo ni doći do promene pri pranju, te se zato navedeni rezultati nisu mogli porediti, ali su uzeti u razmatranje zbog zahteva standarda “Klasifikacija termoregulacionih svojstava”- CEN/TR 16422:2012 [119].

**Tabela 88: Praćenje promena karakteristika tkanina (uzorci 1-11) tokom različitog broja pranja**

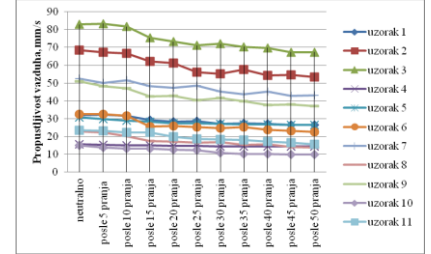
Oznaka uzorka	Smanjenje propustljivosti vazduha (srednje vrednosti)	Smanjenje vrednosti $R_{et}$	Smanjenje vrednosti $R_{ct}$
	mm/s	m <sup>2</sup> Pa/W	m <sup>2</sup> K/W
1	5,6	1,91	0,003
2	15,3	1,89	0,01
3	15,6	2,2	0,005
4	1,3	3,27	0,004
5	4,4	2,0	0,003
6	0,9	3,9	0,0004
7	9,4	2,4	0,003
8	9,0	1,84	0,005
9	13,7	2,3	0,002
10	5,1	3,56	0,005
11	7,7	2,43	0,003



**Slika 72: Praćenje promena  $R_{et}$  vrednosti pri velikom broju pranja za 11 tkanina izrađenih od mešavine Co/PES**



**Slika 73: Praćenje promena  $R_{et}$  vrednosti pri velikom broju pranja za 11 tkanina izrađenih od mešavine Co/PES**



**Slika 74: Praćenje promena vrednosti propustljivosti vazduha pri velikom broju pranja za 11 tkanina izrađenih od mešavine Co/PES**

#### 4.2.3. Funkcionalna zavisnost promene $R_{et}$ veličine (uzorci 1-11) u zavisnosti od broja pranja

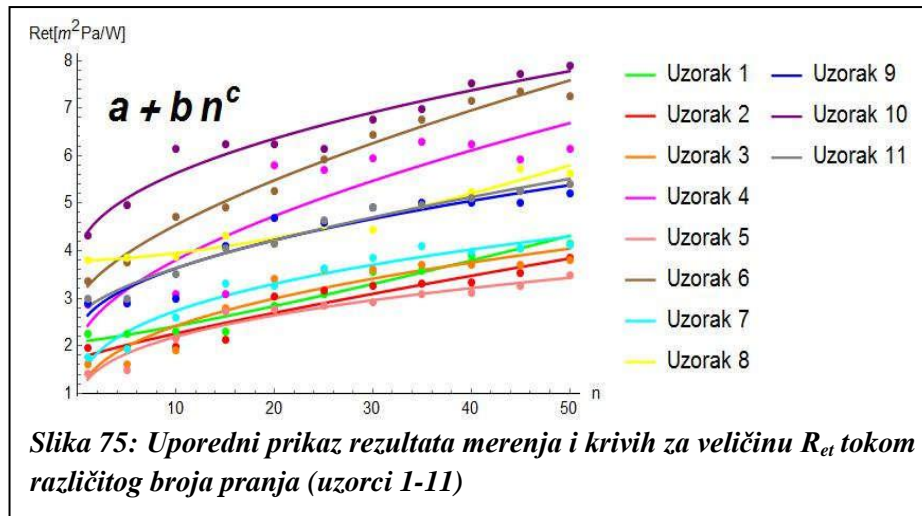
Dobijeni rezultati eksperimentalnih ispitivanja  $R_{et}$  u zavisnosti od broja pranja, aproksimirani su nelinearnim modelom fitovanja podataka koji je oblika:

$$R_{et}=a+b \cdot n^c$$

gde su  $a$ ,  $b$  i  $c$  konstante koje je potrebno odrediti tako da se dobije lokalno optimalno poklapanje sa zadatim podacima (ova karakteristika je istaknuta iz razloga jer se kod linearnih modela traži globalno poklapanje sa podacima), dok je  $n$  nezavisna promenljiva odnosno, broj pranja kojem je podvrgnut uzorak.

Iz eksperimentalnih podataka uočeno je da se rezultati pokoravaju stepenoj funkciji i da imaju početnu vrednost – "Pre pranja", stoga je radi aproksimacije korišten modifikovani stepeni matematički model gde se modifikacija ogleda u dodavanju konstante  $a$ .

Skupni prikaz svih podataka dobijenih merenjima i polinom kojim su ona aproksimirana za različite vrednosti konstanti  $a$  i  $b$  i eksponenta  $c$  prikazan je na slici 75.



U tabeli 89 dat je pregled izračunatih koeficijenata empirijske formule i pregled vrednosti  $S$  za promene  $R_{et}$  veličine u zavisnosti od broja pranja, za uzorke 1-11. S obzirom da su za sve uzorke vrednosti  $S$  veoma male, može se zaključiti da empirijske formule, koje opisuju funkcionalnu zavisnost vrednosti  $R_{et}$  od broja pranja, za sve uzorke zadovoljavajuće fituju eksperimentalne podatke i da se predloženi matematički model može primeniti na tkaninama koje su slične ispitivanim tkaninama.

**Tabela 89: Praćenje izračunatih koeficijenata empirijske formule i pregled vrednosti  $S$  za promene  $R_{et}$  veličine u zavisnosti od broja pranja, za uzorke 1-11**

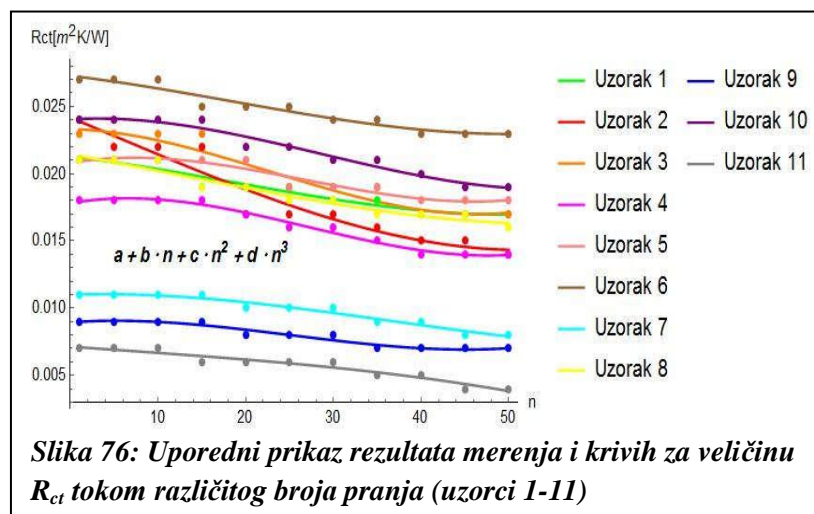
Oznaka uzorka	$R_{et}=a+b \cdot n^c$			$S$
	$a$	$b$	$c$	
1	2,0861	0,021464	1,1866	1,1866
2	1,7155	0,077934	0,84454	0,84454
3	0,62724	0,71497	0,39977	0,39977
4	1,9185	0,50243	0,57492	0,57492
5	0,55971	0,72811	0,35071	0,35071
6	2,8708	0,3799	0,6435	0,6435
7	0,67411	0,92183	0,34995	0,34995
8	3,7919	0,0042745	1,5717	1,5717
9	2,1597	0,48147	0,48563	0,48563
10	3,7811	0,61448	0,47849	0,47849
11	2,556	0,25657	0,62476	0,62476

#### 4.2.4. Funkcionalna zavisnost promene $R_{ct}$ veličine (uzorci 1-11) u zavisnosti od broja pranja

Dobijeni rezultati eksperimentalnih ispitivanja aproksimirani su nelinearnim modelom fitovanja podataka koji je oblika kubnog polinoma:

$$R_{ct} = a + b \cdot n + c \cdot n^2 + d \cdot n^3$$

gde su  $a$ ,  $b$ ,  $c$  i  $d$  konstante,  $n$  nezavisna promenljiva odnosno broj pranja kojem je podvrgnut uzorak. Zbirni prikaz svih podataka dobijenih merenjima i polinom kojim su ona aproksimirana za različite vrednosti konstanti  $a$ ,  $b$ ,  $c$  i  $d$  prikazan je na slici 76.



**Slika 76: Uporedni prikaz rezultata merenja i krivih za veličinu  $R_{ct}$  tokom različitog broja pranja (uzorci 1-11)**

U tabeli 90 dat je pregled izračunatih koeficijenata empirijske formule i pregled vrednosti  $S$  za promene  $R_{ct}$  veličine u zavisnosti od broja pranja, za uzorke 1-11.  $S$  obzirom da su za sve uzorke vrednosti  $S$  veoma male, može se zaključiti da empirijske formule, koje opisuju funkcionalnu zavisnost vrednosti  $R_{ct}$  od broja pranja, za sve uzorke zadovoljavajuće fituju eksperimentalne podatke i da se predloženi matematički model može primeniti na tkaninama koje su slične ispitivanim tkaninama.

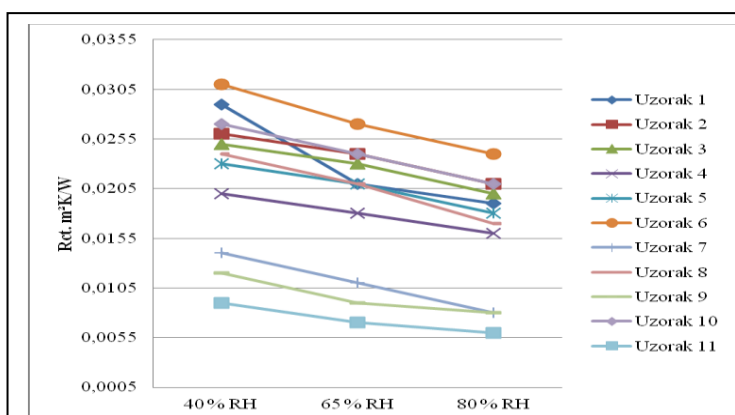


**Tabela 90: Praćenje izračunatih koeficijenata i vrednosti S za promene  $R_{ct}$  veličine u zavisnosti od broja pranja, za uzorke 1-11**

Oznaka uzorka	$R_{ct} = a + b \cdot n + c \cdot n^2 + d \cdot n^3$				S
	a	b	c	d	
1	0,0212800	$-7,7026 \times 10^{-5}$	$-2,1191 \times 10^{-6}$	$3,856 \times 10^{-8}$	$2,1485 \times 10^{-7}$
2	0,0241780	$-2,7304 \times 10^{-4}$	$-5,4673 \times 10^{-7}$	$4,1425 \times 10^{-8}$	$1,2719 \times 10^{-6}$
3	0,0233150	$-1,4809 \times 10^{-5}$	$-8,1478 \times 10^{-6}$	$1,1915 \times 10^{-7}$	$9,8958 \times 10^{-7}$
4	0,0178020	$1,1566 \times 10^{-4}$	$-9,9904 \times 10^{-6}$	$1,2278 \times 10^{-7}$	$7,7614 \times 10^{-8}$
5	0,0208040	$1,1179 \times 10^{-4}$	$-8,9304 \times 10^{-6}$	$1,1178 \times 10^{-7}$	$1,8507 \times 10^{-7}$
6	0,0272800	$-7,7026 \times 10^{-5}$	$-2,1191 \times 10^{-6}$	$-3,856 \times 10^{-8}$	$2,1485 \times 10^{-7}$
7	0,0109920	$2,2363 \times 10^{-5}$	$-3,1485 \times 10^{-6}$	$2,8751 \times 10^{-8}$	$8,5968 \times 10^{-8}$
8	0,0214330	$-1,1459 \times 10^{-4}$	$-9,7014 \times 10^{-7}$	$2,4345 \times 10^{-8}$	$2,3834 \times 10^{-7}$
9	0,0089440	$4,7462 \times 10^{-5}$	$-5,0887 \times 10^{-6}$	$6,7437 \times 10^{-8}$	$6,5734 \times 10^{-8}$
10	0,0240360	$4,0945 \times 10^{-5}$	$-6,8457 \times 10^{-6}$	$7,9855 \times 10^{-8}$	$2,0290 \times 10^{-7}$
11	0,0071378	$-4,7266 \times 10^{-5}$	$1,8488 \times 10^{-7}$	$-1,124 \times 10^{-8}$	$1,0993 \times 10^{-7}$

**4.2.5. Praćenje promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče i uticaj na  $R_{ct}$  vrednosti tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES**

Promene toplotne otpornosti  $R_{ct}$  na tkaninama (uzorci 1-11), izrađene od mešavine Co/PES pri različitim relativnim vlažnostima vazduha iznad merne ploče (tabela 55), prikazane su na slici 77.



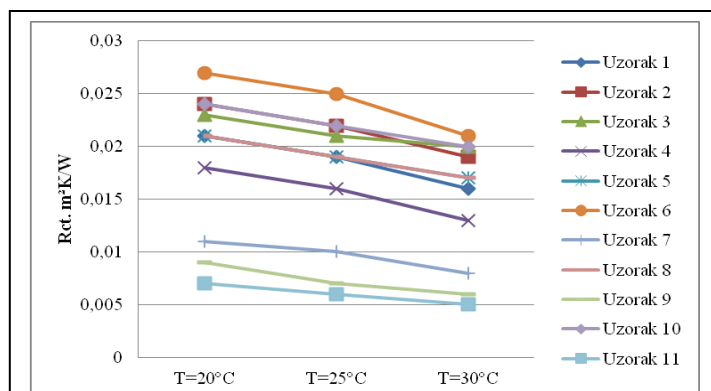
**Slika 77: Uticaj različitih vrednosti relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti tkanina (uzorci 1-11)**

Posmatran je uticaj povećavanja relativne vlažnosti vazduha na  $R_{ct}$  vrednosti na uzorcima 1-11. Merenja su vršena pri relativnoj vlažnosti vazduha od 40 %, 65 % i 80 %. Na slici 77 uočeno je da pri povećanju relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče, vrednost  $R_{ct}$  tj, toplotna otpornost opada. Do promena dolazi zbog promene reprize tekstilnih vlakana, odnosno materijal dodatno veže ili otpušta vlagu iz vazduha.

Naime, pri povećanju relativne vlažnosti vazduha dolazi do bubrenja pamučnih vlakana, a samim tim i do povećanja otpora protoku vodene pare kroz materijal. U uzorcima 2, 3 i 5 pamuk je sa učešćem od 67 %. Zbog većeg sadržaja pamuka tkanine su više bubrile i otpor propuštanju vodene pare kroz tkaninu je bio veći, odnosno vrednosti  $R_{ct}$  su bile manje. Povećanjem sadržaja relativne vlažnosti vazduha dolazi do povećanja sadržaja vlage u tekstilnom materijalu što je i uzrok smanjenju  $R_{ct}$  vrednosti, odnosno povećanju toplotne provodljivosti tkanine, jer je voda dobar provodnik toplote. Pri relativnoj vlažnosti vazduha od 40 %, 65 % i 80 % najveću izmerenu vrednost  $R_{ct}$  je imao uzorak 6, a najmanju uzorak 11. Razlika izmerenih vrednosti  $R_{ct}$  kod uzoraka 1-11, pri RH 40 % i  $R_{ct}$  pri 80 %, kreće se u intervalu od 0,003-0,01  $m^2K/W$ . Iako su dobijene male broježane vrednosti  $R_{ct}$ , posmatrano u % razlika vrednosti  $R_{ct}$  se kreće u intervalu od 19,2-42,8 % što je veoma velika razlika i uticala bi na promenu termofizioloških karakteristika tkanina.

#### 4.2.6. Praćenje promene temperature iznad merne ploče i uticaj na $R_{ct}$ vrednosti tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES

Promene toplotne otpornosti  $R_{ct}$  vrednosti na tkaninama izrađenim od mešavine Co/PES (uzorci 1-11), pri različitim temperaturama iznad merne ploče (tabela 56), prikazane su na slici 78.



Slika 78: Uticaj različite temperature iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti tkanina (uzorci 1-11)

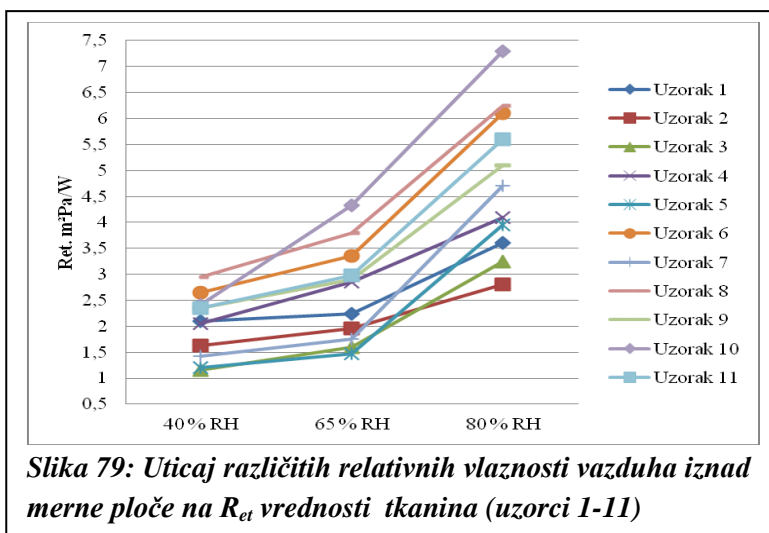
Posmatran je uticaj povećavanja temperature na  $R_{ct}$  vrednosti, kod uzoraka tkanina 1-11. Merenja su vršena pri temperaturama 20 °C, 25 °C i 30 °C. Primećeno je da pri povećanju temperature merne ploče dolazi do smanjenja vrednosti  $R_{ct}$  (slika 78).  $R_{ct}$  otpornost se ispituje pri uslovima temperature merne ploče 35 °C i temperature atmosfere 20 °C. Razlika tih temperatura iznosi 15°C. Povećanjem temperature merne ploče, temperaturna razlika se povećava i vrednost toplotne otpornosti  $R_{ct}$  se smanjuje.

Razlike izmerenih vrednosti  $R_{ct}$  kod uzoraka 1-11, pri temperaturama od 20 °C i 30 °C, kreću se u intervalu od 0,002-0,005 m<sup>2</sup>K/W. Iako su dobijene male brojčane vrednosti  $R_{ct}$ , posmatrano u % razlika vrednosti  $R_{ct}$  se kreće u intervalu od 13,04-28,57 % što je veoma velika razlika i uticala bi na na promenu termofizioloških karakteristika tkanina.

Na temperaturama 20 °C, 25 °C i 30 °C najveće  $R_{ct}$  vrednosti izmerene su na uzorku 6, a najmanje vrednosti na uzorku 11.

#### 4.2.7. Praćenje promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče i uticaj na $R_{et}$ vrednosti tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES

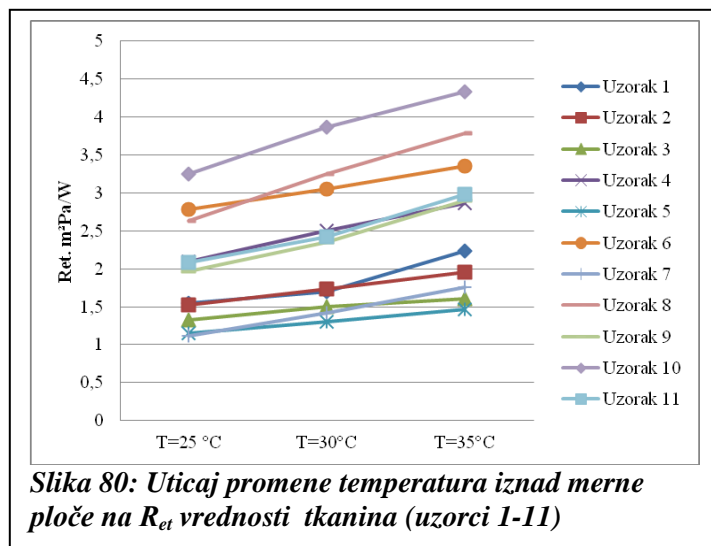
Promene vrednosti provodljivosti vodene pare  $R_{et}$  na tkaninama izrađene od mešavine Co/PES (uzorci 1-11), pri različitim relativnim vlažnostima vazduha iznad merne ploče (tabela 57), prikazane su na slici 79.



Posmatran je uticaj povećavanja relativne vlažnosti vazduha na  $R_{et}$  vrednosti i to na uzorcima 1-11. Merenja su vršena pri relativnoj vlažnosti vazduha od 40 %, 65 % i 80 %. Uočeno je na slici 79 da pri povećanju relativne vlažnosti vazduha dolazi do povećanja vrednosti  $R_{et}$ . I u ovom slučaju se nastala promena može objasniti time da pri povećanju relativne vlažnosti vazduha dolazi do bubrenja pamučnih vlakana, a samim tim i do smanjenja protoka vodene pare kroz tkaninu. Sa slike 79 vidi se da je najveću vrednost  $R_{et}$  pri RH 40 % imao uzorak 8, a najmanju uzorak 3. Takođe, na istoj slici se vidi da pri RH 65 % najveću vrednost imao uzorak 10, a najmanju uzorak 5, a pri RH 80 % najveću vrednost je imao uzorak 10, a najmanju uzorak 3. Razlike izmerenih vrednosti  $R_{et}$  kod uzoraka 1-11, pri RH 40 % i 80 %, kreću se u intervalu od 1,17-4,88  $m^2Pa/W$ . Iako su dobijene male brojčane vrednosti  $R_{et}$ , posmatrano u % razlika vrednosti  $R_{et}$  se kreće u intervalu od 71,4-229,1 % što je veoma velika razlika i uticala bi na na promenu termofizioloških karakteristika tkanina.

Ovako velika promena u rezultatu vrednosti  $R_{et}$  opredeljuje namenu određenog tekstilnog materijala u određenim oblastima primene i nivo zaštite, odnosno klasu prihvatljivosti za određene klimatske uslove.

#### 4.2.8. Praćenje promene temperature iznad merne ploče i uticaj na $R_{et}$ vrednosti tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES

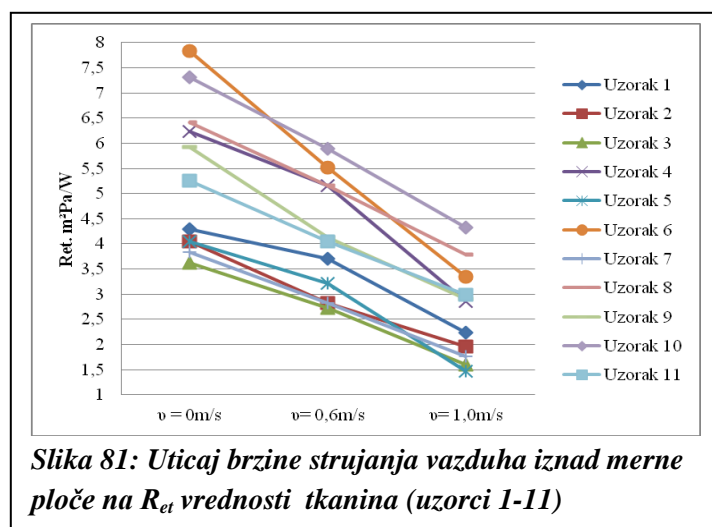


Posmatran je uticaj povećavanja temperature na  $R_{et}$  vrednosti na uzorcima tkanina od 1-11 (tabela 58). Merenja su vršena pri temperaturi od 25 °C, 30 °C i 35 °C. Uočeno je na slici 80 da se sa povećanjem temperature iznad merne ploče povećava  $R_{et}$  vrednost. Prema tome, otpornost prema prolazu vodene pare ( $R_{et}$ ), se smanjuje sa povećanjem temperature iznad merne ploče (slika 80).

I u ovom slučaju se nastala promena može objasniti time da pri povećanju temperature dolazi do bubrenja pamučnih vlakana, a samim tim i do smanjenja protoka vodene pare kroz tkaninu. Sa slike 80 vidi se da je najveću vrednost  $R_{et}$  pri temperaturi 25 °C imao uzorak 10, a najmanju uzorak 7. Takođe, na istoj slici se vidi da pri temperaturi 30 °C najveću vrednost  $R_{et}$  imao uzorak 10, a najmanju uzorak 5, a pri temperaturi 35 °C najveću vrednost  $R_{et}$  je imao uzorak 10, a najmanju uzorak 5. Razlike u izmerenim vrednostima  $R_{et}$  pri najvećoj i najmanjoj temperaturi se kreću u opsegu od 0,27  $m^2Pa/W$  do 1,16  $m^2Pa/W$ . Posmatrano kroz procenat vrednost  $R_{et}$  se povećala u opsegu od 20,5 do 57,1 % i to predstavlja veliku razliku.

#### 4.2.9. Praćenje brzine strujanja vazduha iznad merne ploče i uticaj na $R_{et}$ vrednosti tkanina (uzorci 1-11) izrađenih od mešavine Co/PES

Promene vrednosti  $R_{et}$  tj. otpornosti prolazu vodene pare kroz tkaninu na tkaninama izrađene od mešavine Co/PES (uzorci 1-11), pri različitim brzinama strujanja vazduha (tabela 59), prikazane su na slici 81.

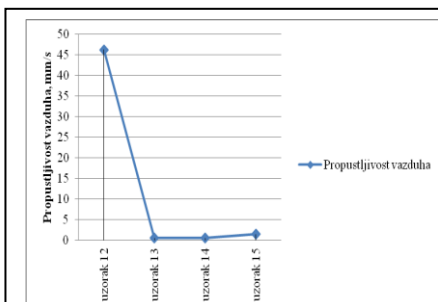


Merenja su vršena pri brzini strujanja vazduha 0 m/s, 0,6 m/s i 1 m/s. Na slici 81 uočeno je da je pri povećanju brzine strujanja vazduha, došlo do smanjenja vrednosti  $R_{et}$ .

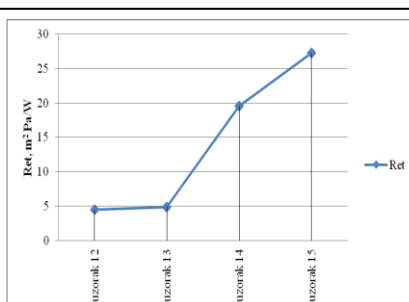
Strujanje vazduha je veoma važno jer vazduh omogućava termoregulaciju tj. hlađenje sistema. U komori je prisutna konvekcija tj. vazduh struji određenom brzinom. Obzirom da merna ploča zamenjuje ljudsko telo, ukoliko se vazduhom telo ne bi hladilo, to bi izazvalo toplotni stres organizma. Strujanje vazduha utiče na brži prenos vodene pare kroz materijal, naročito na površini tkanina. Pri ispitivanju u komori je vazduh strujao brzinom od 0,6 m/s ili 1m/s. Merenjem vrednosti  $R_{et}$  u uslovima kad vazduh nije strujao, tj. takvo strujanje se može označiti sa 0 m/s, vidi se da su najmanje vrednosti  $R_{et}$  postignute na uzorku 3, a najveće na uzorku 6. Pri brzini strujanja vazduha od 0,6 m/s, najveće  $R_{et}$  vrednosti izmerene su na uzorku 10, a najmanje na uzorku 3, a pri brzini strujanja vazduha od 1 m/s, najveće  $R_{et}$  vrednosti izmerene su na uzorku 10, a najmanje na uzorku 5. Razlike u izmerenim vrednostima  $R_{et}$  pri najvećoj i najmanjoj brzini strujanja vazduha se kreću u opsegu od 1,91  $m^2Pa/W$  do 4,48  $m^2Pa/W$ . Posmatrano kroz procenat vrednost  $R_{et}$  se smanjila u opsegu od 40,7 do 63,7 % što predstavlja veliku razliku, koja će bitno promeniti termofiziološke karakteristike tkanina. Prema tome, otpornost prema prolazu vodenoj pari ( $R_{et}$ ) se povećava sa povećanjem brzine strujanja vazduha iznad merne ploče (slika 81).

#### 4.2.9. Praćenje termofizioloških karakteristika uzoraka izrađenih od 100 % PES i naslojene različitim materijalima

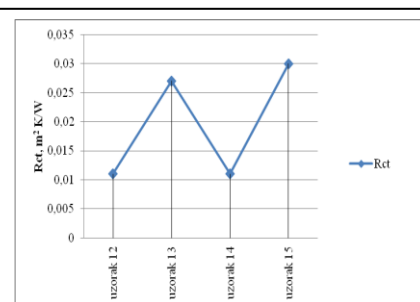
Promene termofizioloških karakteristika uzoraka izrađenih od 100 % PES i naslojene različitim materijalima (uzorci 12-15) prikazane su na slikama 82- 88.



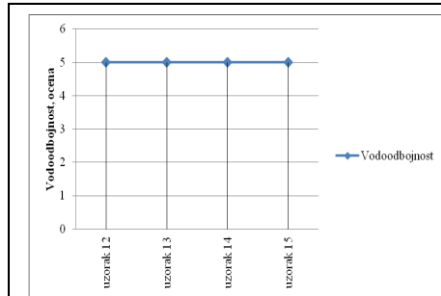
**Slika 82: Propustljivost vazduha na uzorcima 12-15 izrađenim od 100 % PES i laminiranim različitim materijalima**



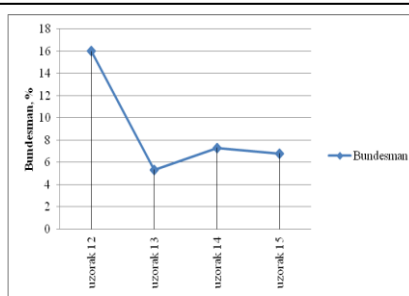
**Slika 83:  $R_{et}$  na uzorcima 12-15 izrađenim od 100 % PES i laminiranim različitim materijalima**



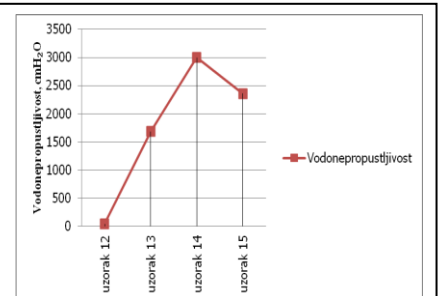
**Slika 84:  $R_{ct}$  na uzorcima 12-15 izrađenim od 100 % PES i laminiranim različitim materijalima**



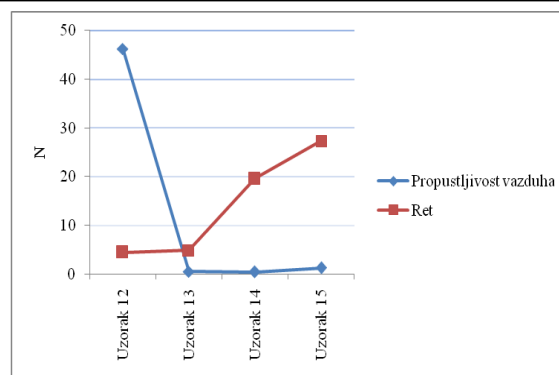
**Slika 85: Vodoodbojnost na uzorcima 12-15 izrađenim od 100 % PES i laminiranim različitim materijalima**



**Slika 86: Bundesman na uzorcima 12-15 izrađenim od 100 % PES i laminiranim različitim materijalima**



**Slika 87: Vodonepropustljivost na uzorcima 12-15 izrađenim od 100 % PES i laminiranim različitim materijalima**



**Slika 88: Propustljivost vazduha i  $R_{ct}$  na uzorcima 12-15 izrađenim od 100 % PES i laminiranim različitim materijalima**

Na slici 82 vidi se da tkanina označena kao uzorak 12 ima mnogo veću propustljivost vazduha od uzoraka 13, 14 i 15 (tabela 60). Razlog tome je jer je uzorak 12 tkanina koja nije laminirana tj. ona se koristi kao osnovna tkanina pri postupku laminiranja. Otpornost prolazu vodene pare je prema slici 83 najmanja kod uzorka 12, jer je to osnovna nelaminirana tkanina. Uzorak 13 laminiran PTFE membranom ima veoma slične rezultate  $R_{ct}$  kao uzorak 12. Razlog je struktura PTFE membrane koja veoma dobro propušta vodenu paru kroz materijal. Vrednost  $R_{ct}$  je najveća na uzorku 15 jer je to troslojni uzorak. Treći sloj je od pletenine koja se pri postupku dorade čupavi i bubri te tako smanjuje propuštanje vodene pare kroz uzorak.

Uzorak 14 ne pokazuje promenu termičke otpornosti ( $R_{ct}$ ) u odnosu na nelaminiranu tkaninu (uzorak 12), što se objašnjava strukturom PU membrane. Uzorci 13 i 15 pokazuju višestruko povećanje toplotne otpornosti, što se može objasniti time da je uzorak 13 laminiran PTFE membranom koja svojom strukturom omogućava veću termalnu otpornost, a uzorak 15

ima troslojnu strukturu PU nanos i pleteninu koji takođe utiču na povećanu toplotnu otpornost (slika 84).

Bazna tkanina je dorađena za osobinu vodoodbojnosti, ocena je 5. Pri laminiranju poliestarska tkanina nije izgubila svojstvo vodoodbojnosti. Svi uzorci 12, 13, 14 i 15 imaju ocene 5 (slika 85).

Laminirani uzorci ispoljavaju smanjenu apsorpciju vode pri okišnjavanju (Bundesman) u odnosu na uzorak 12. Pri tome, uzorak 13 pokazuje najmanju vrednost Bundesmana, zbog svojstava PTFE membrane, dok uzorak 15 poseduje nešto manje apsorpciono svojstvo u odnosu na uzorak 14, što je i očekivano zbog svojstava PU membrane, odnosno nanosa (slika 86).

Bazna tkanina uzorak 12 nije dorađena za svojstvo vodonepropustljivosti. Međutim, postupak laminiranja poliestarske tkanine poboljšava tu karakteristiku upravo zbog strukture membrane i nanosa. Prema slici 87 vidi se da uzorak 14 upravo zbog svojstva PU membrane pokazuje najbolji rezultat vodonepropustljivosti. Nešto lošiji rezultat pokazao je uzorak 15, što se objašnjava obradom, tj. ovaj uzorak ima nanos i pleteninu kao treći sloj.

Uzorci tkanina 13, 14 i 15 veoma slabo propuštaju vazduh što je posledica laminiranja. Uzorak 12 ispovaljava značajnu propustljivost vazduha (slika 88). Takođe, vidi se da tkanine koje manje propuštaju vazduh imaju veću toplotnu otpornost.

Na osnovu dobijenih rezultata, a prema standardu CEN/TR 16422:2012- Klasifikacija termoregulacionih svojstava [119], može se izvršiti klasifikacija uzoraka 12-15 i to na sledeći način:

1) -Nivoi zaštite materijala srednjeg sloja, topla sredina

Klasa A (veoma dobro): nema ( $R_{et} < 3 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ )

Klasa B (dobro): nema ( $R_{et} < 4 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ )

Klasa C (prihvatljivo): uzorci 12 i 13 ( $R_{et} < 5 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ )

Prema ovoj klasifikaciji uzorci 14 i 15 ne zadovoljavaju kriterijume i neprihvatljivi su za nošenje u toploj sredini. Obzirom na svojstva PU membrane i trećeg sloja pletenine, a uzorku 15 može se zaključiti da bi u ovim uzorcima bilo pretoplo i nekomforno.

2) -Nivoi zaštite za materijale spoljašnjeg sloja, topla sredina

Klasa A (veoma dobro): uzorci 12 i 14, ( $R_{ct} < 0,02 \text{ m}^2\text{K/W}$ )

Klasa B (dobro): uzorci 13 i 15 ( $0,02 \text{ m}^2\text{K/W} < R_{ct} < 0,035 \text{ m}^2\text{K/W}$ )

Klasa C (prihvatljivo): nema ( $0,035 \text{ m}^2\text{K/W} < R_{ct} < 0,045 \text{ m}^2\text{K/W}$ )

3) -Nivoi zaštite za materijale spoljašnjeg sloja, hladna sredina



Klasa A (veoma dobro): nema ( $R_{ct} > 0,08 \text{ m}^2\text{K/W}$  i  $R_{et} < 4 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ )

Klasa B (dobro): nema ( $0,08 \text{ m}^2\text{K/W} > R_{ct} > 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$  i  $4 \text{ m}^2\text{Pa/W} < R_{et} \leq 5 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ )

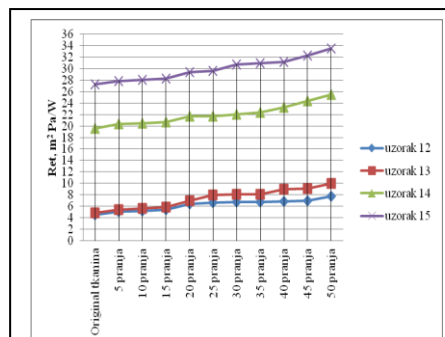
Klasa C (prihvatljivo): 12, 13, 14 i 15 ( $R_{ct} < 0,05 \text{ m}^2\text{K/W}$  i  $5 \text{ m}^2\text{Pa/W} < R_{et} < 6 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ )

Na osnovu navedene klasifikacije može se konstatovati da su uzorci tkanina prihvatljivi za spoljašnji sloj odeće za hladne klimatske uslove, i za srednji i spoljašnji sloj odeće u toplim sredinama.

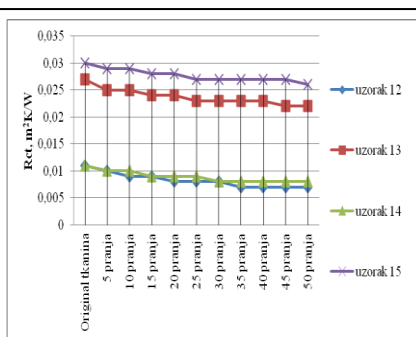
#### 4.2.11. Praćenje promena termofizioloških karakteristika uzoraka 12-15 tokom pranja

Na slikama 89-91 prikazane su promene u rezultatima vrednosti  $R_{et}$ ,  $R_{ct}$  i vodonepropustljivosti za uzorke 12-15 tokom povećanog broja pranja (tabele 65 do 67).

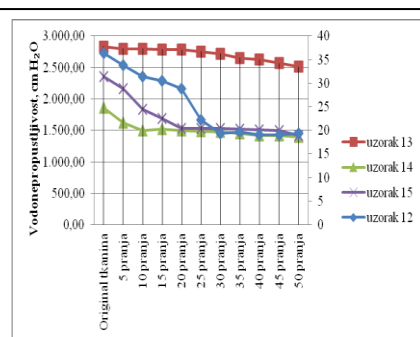
U cilju preglednosti dijagrama formirane su dve y ose na slici 91, gde je posebno prikazana y osa za dobijene vrednosti vodonepropustljivosti tokom povećanja broja pranja uzoraka 13, 14 i 15 - y osa je sa leve strane dijagrama, a posebno y osu za promenu vrednosti vodonepropustljivosti tokom povećanja broja pranja za uzorak 12 – y osa sa desne strane dijagrama.



**Slika 89: Promene  $R_{et}$  vrednosti tokom povećanja broja pranja (uzorci 12-15)**



**Slika 90: Promene  $R_{ct}$  vrednosti tokom povećanja broja pranja (uzorci 12-15)**



**Slika 91: Promene vrednosti vodonepropustljivosti tokom povećanja broja pranja (uzorci 12-15)**

Pregledom slike 89 primećeno je da se na svim uzorcima povećanjem broja pranja vrednosti otpornosti prolazu vodene pare kroz materijal ( $R_{et}$ ) povećavaju. Najveću vrednost  $R_{et}$

ima uzorak 15, a najmanju uzorak 12. Obzirom da je uzorak 15 troslojan, dolazi do skupljanja osnovnog sloja i pletenine, što utiče na malo manji protok vodene pare kroz uzorak, tj. povećava se otpornost prolazu vodene pare. Nešto lošiju vrednost  $R_{ct}$  imaju uzorci 13 i 14. Ovi uzorci su dvoslojni laminirani i upravo je to razlog promena koje se dobijaju pri postupcima pranja. Naime, membrane prilikom pranja trpe određene promene u strukturi pri čemu se njihovo svojstvo propuštanja vodene pare takođe malo smanjuje, a vrednosti  $R_{ct}$ -a povećavaju. Takođe primetno je da su veoma slični rezultati uzoraka 12 i 13 (tabela 60), što ima veze sa najmanjom razlikom u površinskoj masi. PU membrana je sama po sebi veće površinske mase od PTFE membrane, a uzorak 14 dodatno otežavaju adhezivna sredstva koja su primenjena u postupku laminiranja.

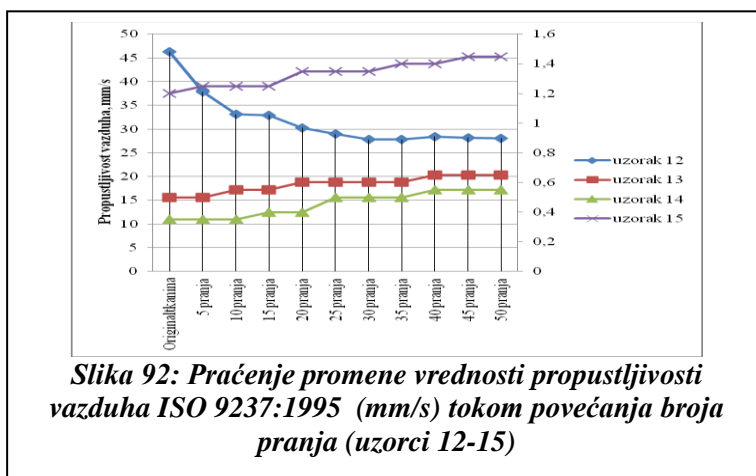
Postupkom pranja dolazi do neznatnog smanjenja površinske mase i do smanjenja propustljivosti vazduha kroz uzorak.

Uporedne promene vrednosti toplotne otpornosti na tkaninama uzorci 12-15 izrađene od 100 % PES pri 50 ciklusa pranja, prikazane su na slici 90. Najmanju izmerenu vrednost toplotne otpornosti pre postupka pranja imali su uzorci 12 i 14, a najveću uzorak 15. Posle 50 ciklusa pranja najmanju izmerenu vrednost toplotne otpornosti pre postupka pranja imali su uzorci 12 i 14, a najveću uzorak 15. Razlika između rezultata vrednosti  $R_{ct}$  dobijenih pre i posle pranja kod svih uzoraka kreće se u opsegu od 0,003-0,005  $m^2K/W$ . Ukoliko razliku rezultata vrednosti  $R_{ct}$  posmatramo kroz procenat može se konstatovati da se rezultati kreću u opsegu od 13,3-36,3 % što nije zanemarljiva vrednost i utiče na promene termofizioloških karakteristika uzoraka. Hemijska sredstva koja se dodaju za poboljšanje hidrofobnosti tkanine se ispiraju u postupku pranja. Iz tog razloga % upijanja vode prema Bundesmanu se povećava pri pranju (tabele 61-64).

Promene vrednosti vodonepropustljivosti uzoraka 12-15 izrađene od 100 % PES pri 50 ciklusa pranja, prikazane su na slici 91. Smanjenje vrednosti vodonepropustljivosti ima za uzrok ispiranje hemijskih sredstava sa uzoraka pri pranju, pa je vodonepropustljivost manja (tabela 67). Pre i posle pranja najveće vrednosti vodonepropustljivosti je imao uzorak 13, a najmanje uzorak 12, što je i očekivano jer je uzorak 12 osnovna nelaminirana tkanina. Razlog dobrih rezultata za vodonepropustljivost upravo je membrana tj. nanos kojom su laminirane/naslojene poliestarske osnovne tkanine. Struktura membrane i nanosa sprečava propuštanje vode kroz uzorke. Najveće rezultate vodonepropustljivosti imao je posle 50 ciklusa pranja uzorak 13, što znači da je i posle pranja zadržao svojstvo nepropuštanja vode kroz uzorak. Uzorak 14 je posle pranja imao malo smanjeno svojstvo propuštanja vode, a na uzorku 15 je došlo do značajnijih promena u

rezultatima. Uzrok tome je troslojna struktura uzorka, odnosno promene na strukturi membrane i pletenine kao trećeg sloja.

Razlika dobijenih vrednosti vodonepropustljivosti pre i posle 50 ciklusa pranja kreće se u intervalu od 17 do 932,1 cm H<sub>2</sub>O i može se reći da je razlika teoretski gledano velika, ali obzirom na visoke rezultate izmerenim posle 50 ciklusa pranja na uzorcima 13, 14 i 15 može se zaključiti da uzorci imaju veoma dobru karakteristiku vodonepropustljivosti.



**Slika 92: Praćenje promene vrednosti propustljivosti vazduha ISO 9237:1995 (mm/s) tokom povećanja broja pranja (uzorci 12-15)**

Na slici broj 92 su cilju preglednosti dijagrama formirane dve y ose. Posebno je prikazana y osa za dobijene vrednosti propustljivosti vazduha tokom povećanja broja pranja uzoraka 13, 14 i 15 - y osa je sa desne strane dijagrama, a posebno y osu za dobijene vrednosti propustljivosti vazduha tokom povećanja broja pranja za uzorak 12 – y osa sa leve strane dijagrama. Poređenjem vrednosti za propustljivost vazduha na slici 92 primećeno je da jedino uzorak 12 ima dobro propuštanje vazduha, koje se pri postupku pranja vrlo malo smanjuje (tabela 68). Uzorak nije laminiran, što omogućava dobro propuštanje vazduha, a promene posle pranja se objašnjavaju time da uzorak 12 predstavlja osnovnu tkaninu bez laminata koja pri procesu 50 ciklusa pranja menja svoju strukturu. Ostali uzorci 13, 14 i 15 imaju veoma male vrednosti propuštanja vazduha, zbog posedovanja membrane ili nanosa. Pri pranju na istim uzorcima dolazi do povećanja propuštanja vazduha, jer adhezivna sredstva nedozvoljavaju veliko kovrdžanje vlakana na uzorcima.

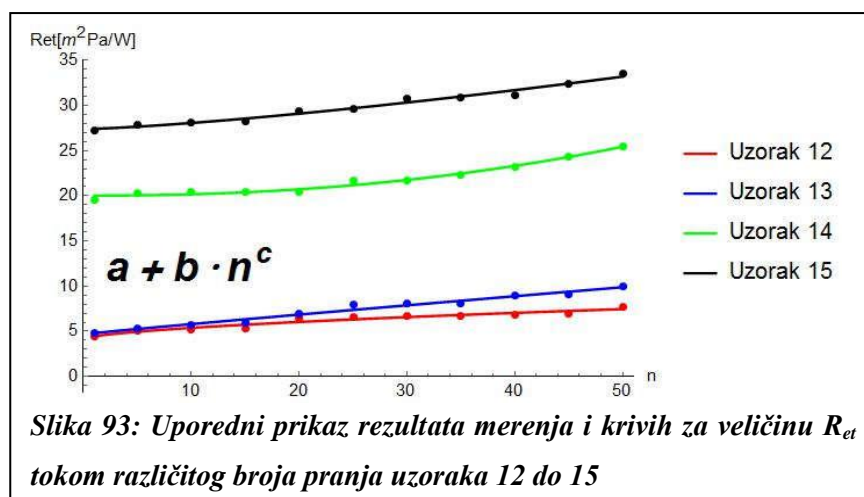
#### 4.2.12. Funkcionalna zavisnost promene $R_{et}$ veličine (uzorci 12-15) u zavisnosti od broja pranja

Dobijeni rezultati eksperimentalnih ispitivanja  $R_{et}$  u zavisnosti od broja pranja, aproksimirani su nelinearnim modelom fitovanja podataka koji je oblika:

$$R_{et} = a + b \cdot n^c$$

što je identično kao u slučaju funkcionalne zavisnosti promene  $R_{et}$  veličine na uzorcima 1-11.

Na slici 93 prikazan je zbirni prikaz svih podataka dobijenih merenjima i polinom kojim su ona aproksimirana za različite vrednosti konstanti  $a$  i  $b$  i eksponenta  $c$ .



U tabeli 91 dat je pregled izračunatih koeficijenata empirijske formule i pregled vrednosti  $S$  za promene  $R_{et}$  veličine u zavisnosti od broja pranja, za uzorke 12-15.  $S$  obzirom da su za sve uzorke vrednosti  $S$  veoma male, može se zaključiti da empirijske formule, koje opisuju funkcionalnu zavisnost vrednosti  $R_{et}$  od broja pranja, za sve uzorke zadovoljavajuće fituju eksperimentalne podatke i da se predloženi matematički model može primeniti na tkaninama koje su slične ispitivanim tkaninama.

**Tabela 91: Praćenje izračunatih koeficijenata empirijske formule i pregled vrednosti S za promene  $R_{ct}$  veličine u zavisnosti od broja pranja, za uzorke 12-15**

Oznaka uzorka	$R_{ct} = a + b \cdot n^c$			S
	a	b	c	
12	4,12620	0,309860	0,607130	0,084021
13	4,67580	0,124750	0,095373	0,095832
14	20,0250	0,000900	2,224400	0,096449
15	27,3940	0,031691	1,332200	0,112820

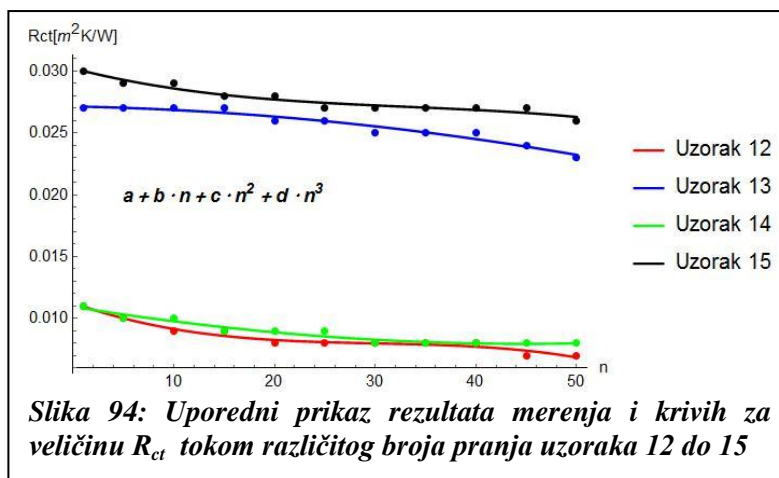
#### 4.2.13. Funkcionalna zavisnost promene $R_{ct}$ veličine (uzorci 12-15) u zavisnosti od broja pranja

Dobijeni rezultati eksperimentalnih ispitivanja aproksimirani su nelinearnim modelom fitovanja podataka koji je oblika kubnog polinoma:

$$R_{ct} = a + b \cdot n + c \cdot n^2 + d \cdot n^3$$

što je identično kao u slučaju funkcionalne zavisnosti promene  $R_{ct}$  veličine na uzorcima 1-11.

Na slici 94 predstavljen je zbirni prikaz svih podataka dobijenih merenjima i polinom kojim su ona aproksimirana za različite vrednosti konstanti  $a$ ,  $b$  i  $c$ .



U tabeli 92 dat je pregled izračunatih koeficijenata empirijske formule i pregled vrednosti S za promene  $R_{ct}$  veličine u zavisnosti od broja pranja, za uzorke 12-15. S obzirom da su za sve uzorke vrednosti S veoma male, može se zaključiti da empirijske formule, koje opisuju funkcionalnu zavisnost vrednosti  $R_{ct}$  od broja pranja, za sve uzorke zadovoljavajuće fituju

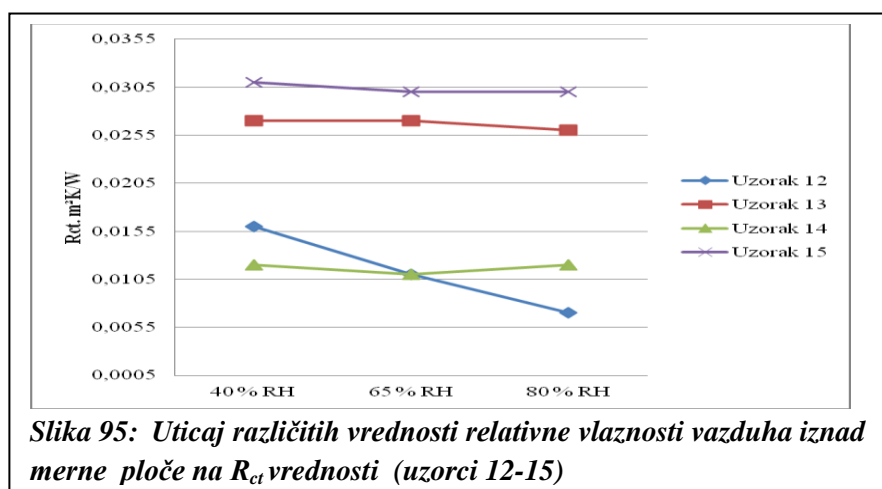
eksperimentalne podatke i da se predloženi matematički model može primeniti na tkaninama sličnim ispitivanim tkaninama.

**Tabela 92: Praćenje izračunatih koeficijenata empirijske formule i pregled vrednosti  $S$  za promene  $R_{ct}$  veličine u zavisnosti od broja pranja, za uzorke 12-15**

Oznaka uzorka	$R_{ct} = a + b \cdot n + c \cdot n^2 + d \cdot n^3$				S
	a	b	c	d	
12	0,011264	$-2,9242 \times 10^{-4}$	$9,1619 \times 10^{-6}$	$-1,0151 \times 10^{-7}$	$7,6766 \times 10^{-8}$
13	0,027130	$-1,5498 \times 10^{-5}$	$-1,2915 \times 10^{-6}$	$7,3132 \times 10^{-10}$	$1,2609 \times 10^{-7}$
14	0,010951	$-1,3135 \times 10^{-4}$	$1,389 \times 10^{-6}$	$1,1212 \times 10^{-8}$	$8,3971 \times 10^{-8}$
15	0,030194	$-2,0778 \times 10^{-4}$	$5,1531 \times 10^{-6}$	$-5,1288 \times 10^{-8}$	$1,1892 \times 10^{-7}$

#### 4.2.14. Uticaj promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče na $R_{ct}$ vrednosti uzoraka naslojenim različitim materijalima (uzorci 12-15)

Na slici 95 prikazan je uticaj različitih vrednosti relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti uzoraka 12-15. Razlike izmerenih vrednosti  $R_{ct}$  pri najmanjoj i najvećoj vrednosti relativne vlažnosti vazduha kreću se u opsegu od 0-0,009  $m^2K/W$ . Ukoliko rezultate odstupanja vrednosti  $R_{ct}$  posmatramo preko % može se primetiti da za uzorke 13-15 procenat odstupanja se kreće u intervalu od 0-3,7 %, što zanemarljivo utiče na promenu termofizioloških karakteristika uzoraka. Kod uzorka 12 odstupanja rezultata iznosi 56,2 %, što je veoma veliko odstupanje. Obzirom da su uzorci 13-15 laminirani tj. naslojeni, sama struktura membrane i nanosa omogućava da toplotna otpornost bude dobra. Kod uzorka 12 obzirom da nije laminiran izmerena je mala toplotna otpornost (tabela 69).

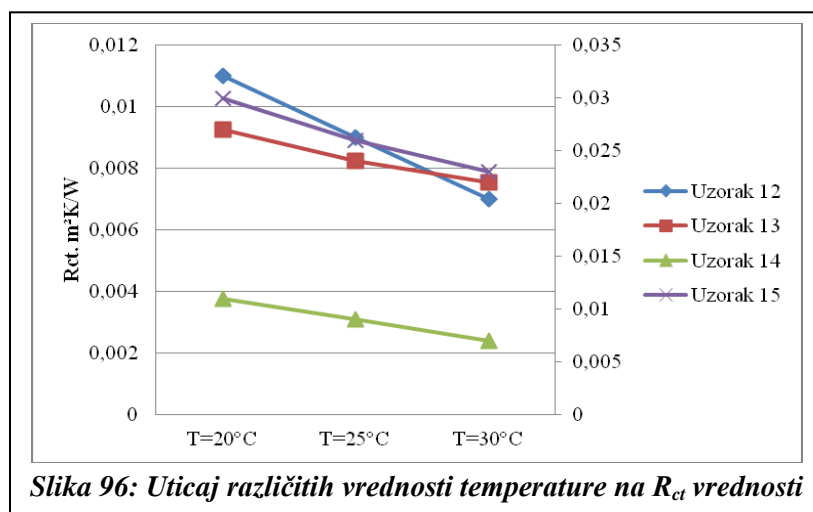


#### 4. 2.15. Praćenje promene temperature iznad merne ploče i uticaj na $R_{ct}$ vrednosti uzoraka naslojenih različitim materijalima (uzorci 12-15)

Na slici 96 prikazan je uticaj različitih temperatura merne ploče na  $R_{ct}$  vrednosti uzoraka 12-15. Na svim uzorcima primećeno je da dolazi do velike promene vrednosti  $R_{ct}$  pri promeni temperature merne ploče (tabela 70).

Najveće vrednosti  $R_{ct}$  izmerene su pri svim temperaturama na uzorku 14, što se može objasniti strukturom PU membrane.

Vrednosti  $R_{ct}$  dobijene kao razlika rezultata izmerenih na najvećoj i najmanjoj temperaturi na svim uzorcima kreće se u opsegu od 0,004-0,007  $m^2K/W$ . Posmatrano odstupanje vrednosti  $R_{ct}$  može se izraziti kroz procenete i u tom slučaju odstupanje se kreće u intervalu od 18,5-36,3 %, što je veliko i utičaće na promenu termofizioloških karakteristika navedenih tkanina.

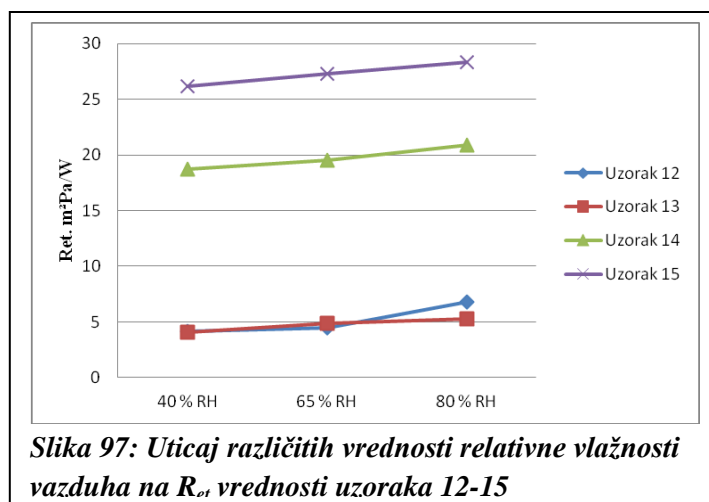


Slika 96: Uticaj različitih vrednosti temperature na  $R_{ct}$  vrednosti

Slika broj 96, u cilju preglednosti dijagrama ima formirane dve y ose. Posebno je prikazana y osa za dobijene vrednosti  $R_{ct}$  u zavisnosti od različitih vrednosti temperatura merne ploče za uzorak 12 - y osa je sa leve strane dijagrama, a posebno y osu za uzorke 13, 14 i 15 - y osa sa desne strane dijagrama.

#### 4.2.16. Praćenje promene relativne vlažnosti vazduha iznad merne ploče i uticaj na $R_{et}$ vrednosti uzoraka naslojenih različitim materijalima (uzorci 12-15)

Na slici 97 primećeno je da dolazi do promene vrednosti  $R_{et}$  pri promeni relativne vlažnosti vazduha. Praćene su promene pri RH 40 %, 65 % i 80 %. (tabela 71). Sa povećanjem relativne vlažnosti vazduha došlo je do povećanja vrednosti otpornosti prolaza vodene pare kroz materijal. Pri svim navedenim relativnim vlažnostima vazduha najveću vrednost  $R_{et}$  imao je uzorak 15, što je i očekivano obzirom na troslojnu strukturu uzorka sa PU membranom, a najmanju uzorak 13 što se može objasniti dobrim svojstvima PTFE membrane. Razlika vrednosti  $R_{et}$  koje se dobijaju oduzimanjem izmerenih najvećih i najmanjih vrednosti, pri različitim % relativne vlažnosti vazduha, kreću se u opsegu od 1,13 - 2,72  $m^2Pa/W$ . Kod tkanina 12 i 13 procentualna promena je daleko veća nego kod 14 i 15, za koje se može konstatovati mala razlika. Na uzorku 12 odstupanje izraženo u % iznosi 66,1 %, za uzorak 13 je 28,5 %, na uzorku 14 izmereno je 11,46 %, a na uzorku 15 samo 4,32 %. Odstupanje vrednosti  $R_{et}$  na uzorku 12 je veće jer uzorak predstavlja baznu tkaninu koja nema membranu, niti nanos koji će uticati na protok vodene pare kroz uzorak. Uzorak 13 ima PTFE membranu koja ima osobinu da dobro propušta vodenu paru kroz pore membrane.

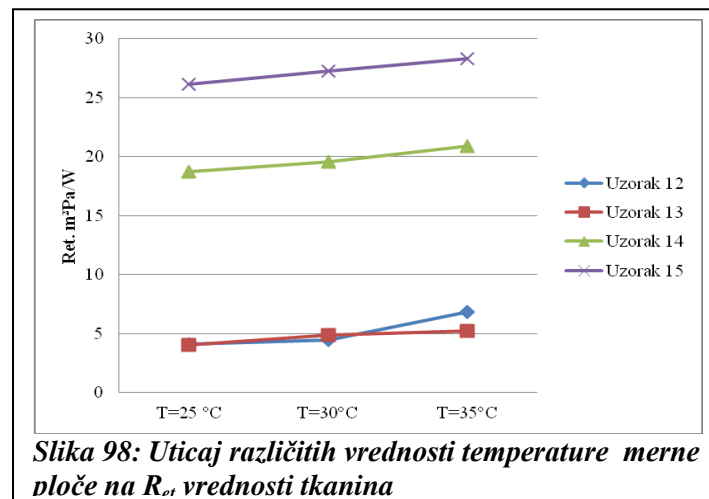




#### 4.2.17. Praćenje promene temperature iznad merne ploče i uticaj na $R_{et}$ vrednosti uzoraka naslojenih različitim materijalima (uzorci 12-15)

Na slici 98 vidi se da dolazi do male promene vrednosti  $R_{et}$  pri promeni temperature merne ploče. Naime, sa povećanjem temperature merne ploče vrednost otpornosti prolaza vodene pare kroz materijal se povećala (tabela 72).

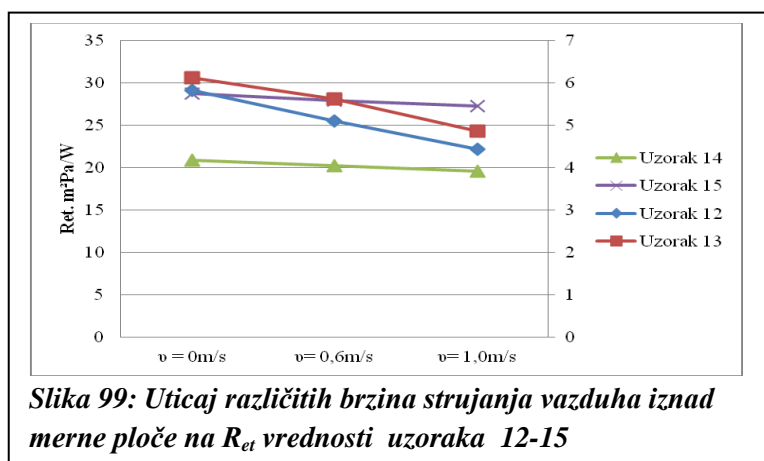
Praćene su promene  $R_{et}$  vrednosti pri temperaturama 25 °C, 30 °C i 35 °C. Sa povećanjem temperature došlo je do povećanja vrednosti otpornosti prolaza vodene pare kroz uzorke. Pri svim navedenim temperaturama najveću vrednost  $R_{et}$  imao je uzorak 15, što je i očekivano obzirom na troslojnu strukturu uzorka sa PU membranom, a najmanju uzorak 12 što se može objasniti time da je to osnovna tkanina koja nije naslojena. Vrednosti  $R_{et}$  koje se dobijaju kao razlika vrednosti izmerenih pri najvećoj i najmanjoj temperaturi kreću se u opsegu od 1,25-2,3 m<sup>2</sup>Pa/W i može se konstatovati da je na uzorcima 12 i 13 razlika mala, a na uzorcima 14 i 15 odstupanje je veliko i utičaće na promenu termofizioloških karakteristika uzoraka.



#### 4.2.18. Praćenje promene brzine strujanja vazduha iznad merne ploče i uticaj na $R_{et}$ vrednosti uzoraka naslojenih različitim materijalima (uzorci 12-15)

Na slici 99 prikazan je uticaj različitih brzina strujanja vazduha iznad merne ploče na  $R_{et}$  vrednosti uzoraka 12-15 (tabela 73). Praćene su promene  $R_{et}$  vrednosti pri različitim brzinama strujanja vazduha i to: 0 m/s, 0,6 m/s i 1 m/s. Radi preglednosti dijagrama formirane su dve y ose. Posebno je prikazana y osa za dobijene vrednosti  $R_{et}$  u zavisnosti od različitih vrednosti brzine strujanja vazduha za uzorke 14 i 15 - y osa je sa leve strane dijagrama, a posebno y osu za uzorke 12 i 13 - y osa sa desne strane dijagrama.

Sa povećanjem brzine strujanja vazduha došlo je do malog povećanja vrednosti otpornosti prolaza vodene pare kroz materijal. Pri svim navedenim brzinama strujanja vazduha najveću vrednost  $R_{et}$  imao je uzorak 15, što je i očekivano obzirom na troslojnu strukturu uzorka sa PU membranom, a najmanju uzorak 12 što se može objasniti time da je to osnovna tkanina koja nije naslojena. Vrednosti  $R_{et}$  dobijene kao razlika izmerenih vrednosti pri najvećoj i najmanjoj temperaturi kreću se u opsegu od 1,26-1,46  $m^2Pa/W$ . Može se konstatovati da razlika kod tkanina 12 i 13 nije mala, srednja vrednost odstupanja se može izraziti kao 22,2 %, što će bitno uticati na termofiziološke karakteristike uzoraka. Kod uzoraka 14 i 15 veoma malo odstupanje oko 5,7 % i ne utiče na termofiziološke karakteristike uzoraka.



### 4.3. DISKUSIJA REZULTATA ISPITIVANJA TERMOFIZIOLOŠKE UDOBNOŠTI

#### 4.3.1. Subjektivno ocenjivanje udobnosti pojedinačnih odevnih predmeta

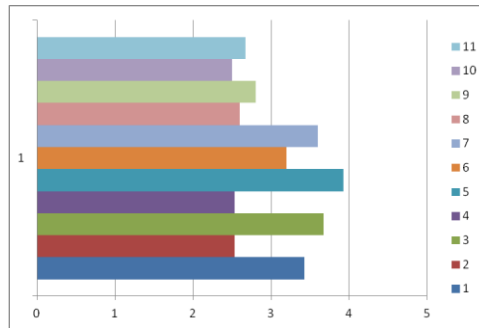
Standard ISO 10551:1995 [120] - Ergonomija toplotne sredine – procena uticaja toplotne sredine koja koristi skale subjektivne ocene je u delu formiranja ankete imao veliki značaj jer je primenom sedmostepene skale omogućeno ispitanicima da precizno ocene osećaj koji su imali pri svakom merenju.

Pri merenjima primećeno je da su subjektivni osećaji posle prvog merenja odnosno posle 30 minuta provedenih u odevnim predmetima pri aklimatizaciji svi ispitanici ocenili odevne predmete sa visokim ocenama. Kako su se aktivnosti i merenja odvijali tako su se i njihovi subjektivni osećaji menjali. Iz tog razloga su za diskusiju rezultata korišćeni samo rezultati posle pete faze merenja.

Na osnovu tabele 79 gde je prikazan pregled rezultata subjektivnog ocenjivanja parametara udobnosti muških košulja i pantalona sašivenih od tkanina, mešavine Co/PES (uzorci 1-11), pomoću ocenjivača anketiranih posle pete faze merenja, izvršeno je izračunavanje srednjih ocena za svaki uzorak košulja i pantalona, a potom i rangiranje prema ocenama i to od najbolje ka najslabijoj oceni (tabela 93). Na slici 100 prikazan je dijagram sa ocenama udobnosti muških košulja i pantalona pri poslednjem merenju ispitanika.

**Tabela 93: Rangiranje udobnosti muških košulja i pantalona na osnovu subjektivne ocene ispitanika posle pete faze merenja**

Rangiranje uzoraka prema udobnosti	Ocena udobnosti uzoraka košulja i pantalone (ocena 1-5)	Oznaka uzorka
1	3,93	5
2	3,67	3
3	3,60	7
4	3,43	1
5	3,20	6
6	2,80	9
7	2,67	11
8	2,60	8
9	2,53	2
10	2,53	4
11	2,50	10



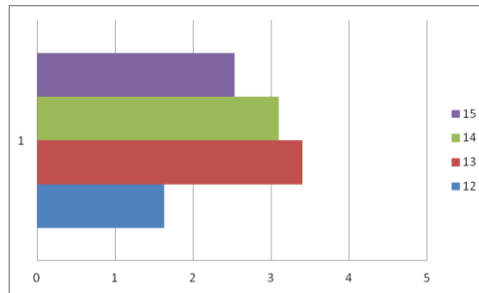
**Slika 100: Praćenje ocene udobnosti muških košulja i pantalona pri poslednjem merenju ispitanika**

Na osnovu subjektivnih ocena ispitanika posle petog merenja rangirani su uzorci muških košulja i pantalona i to u rasponu ocena od 1 do 5. Najbolji rezultat je prema ispitanicima su imali košulja i pantalone sa oznakom uzorak 5, a najlošiju ocenu dobili su košulja i pantalone sa oznakom uzorak 10 (tabela 93) Ispitanici su se izjasnili da im je bilo hladno u odevnoj kombinaciji A. Upoređivanjem subjektivnih ocena ispitanika za uzorke 1-11 muških košulja i pantalona sa rezultatima iz tabele 19 i 40 može se konstatovati da su najvećom subjektivnom ocenom ocenjeni uzorci sa malom površinskom masom  $162,1 \text{ g/m}^2$  i velikom provodljivošću vodene pare  $R_{et} = 1,47 \text{ m}^2\text{Pa/W}$  (uzorak 5), a da su sa najlošijom ocenom označeni odevni predmeti sašiveni od uzoraka tkanina koje imaju najveću površinsku masu  $335,7 \text{ g/m}^2$  i najmanje provode vodenu paru  $R_{et} = 4,33 \text{ m}^2\text{Pa/W}$  (uzorak 10).

Na osnovu tabele 80 gde je prikazan pregled rezultata subjektivnog ocenjivanja parametara udobnosti muških jakni sašivenih od uzoraka 12-16, pomoću ocenjivača anketiranih posle pete faze merenja, izvršeno je izračunavanje srednjih ocena za svaki uzorak jakne, a potom i rangiranje prema ocenama i to od najbolje ka najslabijoj oceni (tabela 94). Na slici 101 prikazan je dijagram sa ocenama udobnosti muških jakni pri poslednjem merenju ispitanika.

**Tabela 94: Rangiranje udobnosti muških jakni na osnovu subjektivne ocene ispitanika posle petog merenja**

Rangiranje uzoraka prema udobnosti	Ocena udobnosti uzorka jakni (ocena 1-5)	Oznaka uzorka
1	3,40	13
2	3,10	14
3	2,53	15
4	1,63	12



**Slika 101: Praćenje ocene udobnosti muške jakne pri poslednjem merenju ispitanika**

Najbolju ocenu je prema ispitanicima dobila jakna sa oznakom uzorak 13, a najlošiju ocenu jakna sa oznakom uzorak 12 (tabela 94).

Jakna sa oznakom uzorak 13 je uzorak sa PTFE membranom i ona je prema oceni ispitanika ocenjena sa najvećom ocenom. Poređenjem rezultata subjektivnog ocenjivanja parametara udobnosti jakne pomoću ocenjivača sa rezultatima dobijenim laboratorijskim merenjima (tabela 19 i 40) može se ustanoviti da je tkanina broj 13 imala najmanju površinsku masu  $138,5 \text{ g/m}^2$ , veoma dobru provodljivost vodene pare  $R_{et} = 4,86 \text{ m}^2\text{Pa/W}$  zašta je zaslužna struktura PTFE membrane. Drugo rangirana je poliestarska tkanina sa PU membranom. Poređenjem subjektivnih ocena sa rezultatima dobijenim laboratorijskim ispitivanjima primećeno je da uzorak 14 ima malo veću površinsku masu ( $169 \text{ g/m}^2$ ) od uzorka 12, najbolju propustljivost vodene pare tj. najmanju vrednost  $R_{et} = 4,44 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ . Takođe, primećeno je da jakna sa najvećom površinskom masom, a to je uzorak broj 15 ( $205,6 \text{ g/m}^2$ ) ima i najmanje propuštanje vodene pare i veliku vrednost  $R_{et} = 27,28 \text{ m}^2\text{Pa/W}$  tj. ima malu provodljivost vodene pare i ona je ocenjena kao najneudobnija (slika 101).

Prema prethodnim rezultatima može se zaključiti da su rezultati laboratorijskih ispitivanja prikazani u tabelama 19 i 40 upravo potvrdili i objasnili subjektivni osećaj ocenjivača pri nošenju košulja, pantalona i jakni.

### 4.3.2. Subjektivno ocenjivanje udobnosti odevnih kombinacija

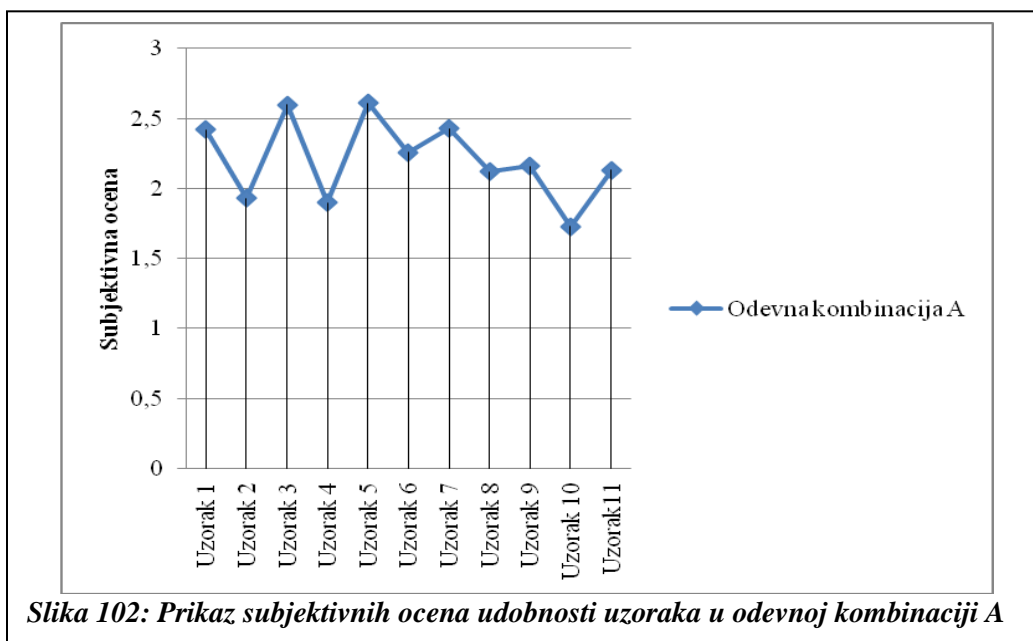
U ovom radu su analizirane četiri odevne kombinacije i toplotni osećaji pri njihovoj upotrebi. Svaka odevna kombinacija je označena slovom A, B, C i D.

Odevnu kombinaciju A sačinjavaju košulje i pantalone sašivene od tkanina, mešavine Co/PES (uzorci 1-11), kao i uzorci jakni izrađene od uzoraka 12 i međupostave. Odevnu kombinaciju B sačinjavaju košulje i pantalone sašivene od tkanina, mešavine Co/PES (uzorci 1-11), kao i uzorci jakni sašivene od uzoraka 13 i međupostave. Odevnu kombinaciju C sačinjavaju košulje i pantalone sašivene od tkanina, mešavine Co/PES (uzorci 1-11), kao i uzorci jakni sašivene od uzoraka 14 i međupostave. Odevnu kombinaciju D sačinjavaju košulje i pantalone sašivene od tkanina, mešavine Co/PES (uzorci 1-11), kao i uzorci jakni sašivene od uzoraka 15 i međupostave.

Na osnovu tabele 81 gde je prikazan pregled rezultata subjektivnog ocenjivanja parametara udobnosti odevne kombinacije A, a pomoću ocenjivača anketiranih posle pete faze merenja, izvršeno je izračunavanje srednjih ocena za svaki uzorak odevne kombinacije A, a potom i rangiranje prema ocenama i to od najbolje ka najslabijoj oceni (tabela 95). Na slici 102 prikazan je dijagram sa ocenama udobnosti odevnih kombinacija A, posle zadnjeg merenja ispitanika.

**Tabela 95: Ocene subjektivne udobnosti na odevnoj kombinaciji A**

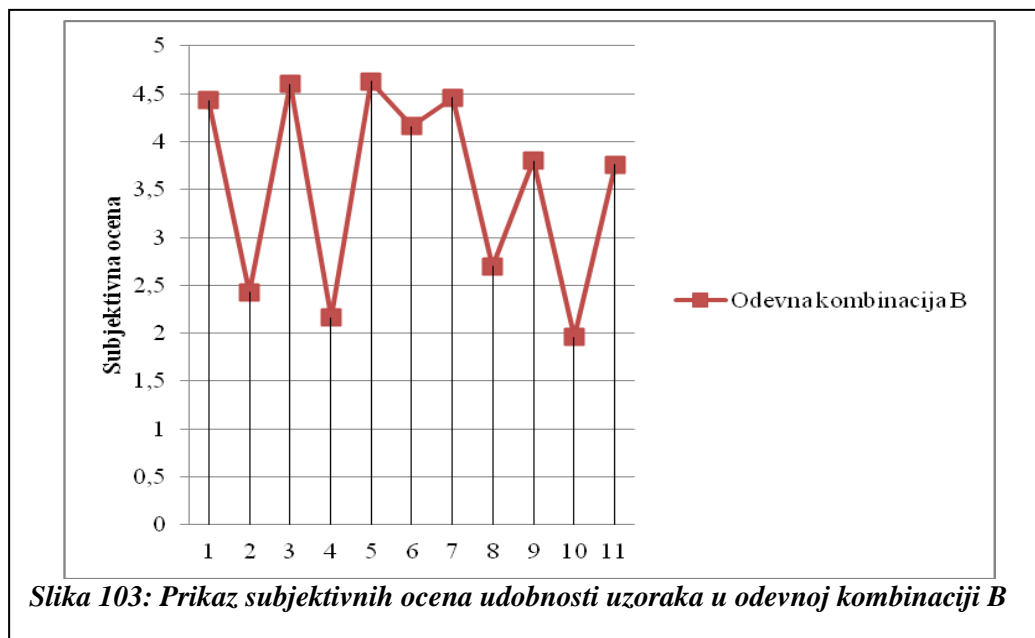
Odevna kombinacija A		
Rangiranje uzoraka prema udobnosti	Ocena subjektivne udobnosti (ocena 1-5)	Oznaka uzorka
1	2,61	5
2	2,60	3
3	2,43	7
4	2,42	1
5	2,26	6
6	2,16	9
7	2,13	11
8	2,12	8
9	1,93	2
10	1,90	4
11	1,73	10
Prosečna ocena	2,20	



Na osnovu tabele 82 gde je prikazan pregled rezultata subjektivnog ocenjivanja parametara udobnosti odevne kombinacije B, izvršeno je izračunavanje srednjih ocena za svaki uzorak odevne kombinacije B, kao i rangiranje prema ocenama (tabela 96). Na slici 103 prikazan je dijagram sa ocenama udobnosti odevnih kombinacija B, posle zadnjeg merenja ispitanika.

**Tabela 96: Ocene subjektivne udobnosti na odevnoj kombinaciji B**

Odevna kombinacija B		
Rangiranje uzoraka prema udobnosti	Ocena subjektivne udobnosti (ocena 1-5)	Oznaka uzorka
1	4,63	5
2	4,6	3
3	4,46	7
4	4,43	1
5	4,16	6
6	3,8	9
7	3,76	11
8	2,7	8
9	2,43	2
10	2,16	4
11	1,96	10
Prosečna ocena	3,55	

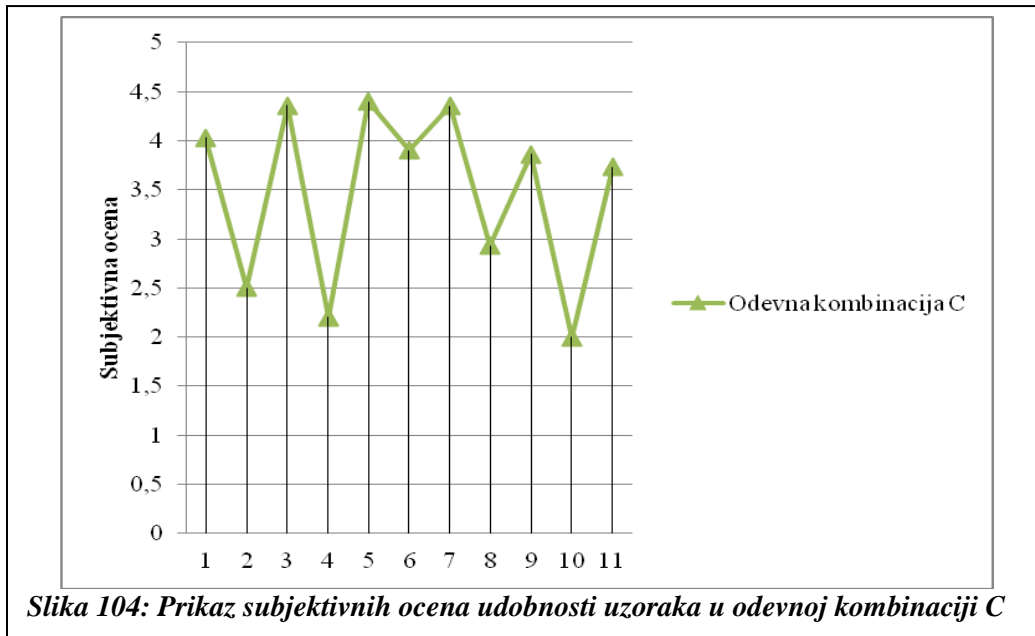


Prema tabeli 83 gde je prikazan pregled rezultata subjektivnog ocenjivanja parametara udobnosti odevne kombinacije C, izvršeno je izračunavanje srednjih ocena za svaki uzorak odevne kombinacije C, kao i rangiranje prema ocenama (tabela 97). Na slici 104 prikazan je dijagram sa ocenama udobnosti odevnih kombinacija C, posle zadnjeg merenja ispitanika.

**Tabela 97: Ocene subjektivne udobnosti na odevnoj kombinaciji C**

Odevna kombinacija C		
Rangiranje uzoraka prema udobnosti	Ocena subjektivne udobnosti (ocena 1-5)	Oznaka uzorka
1	4,4	5
2	4,36	3
3	4,35	7
4	4,03	1
5	3,90	6
6	3,86	9
7	3,73	11
8	2,93	8
9	2,50	2
10	2,20	4
11	2,00	10
Prosečna ocena	3,48	

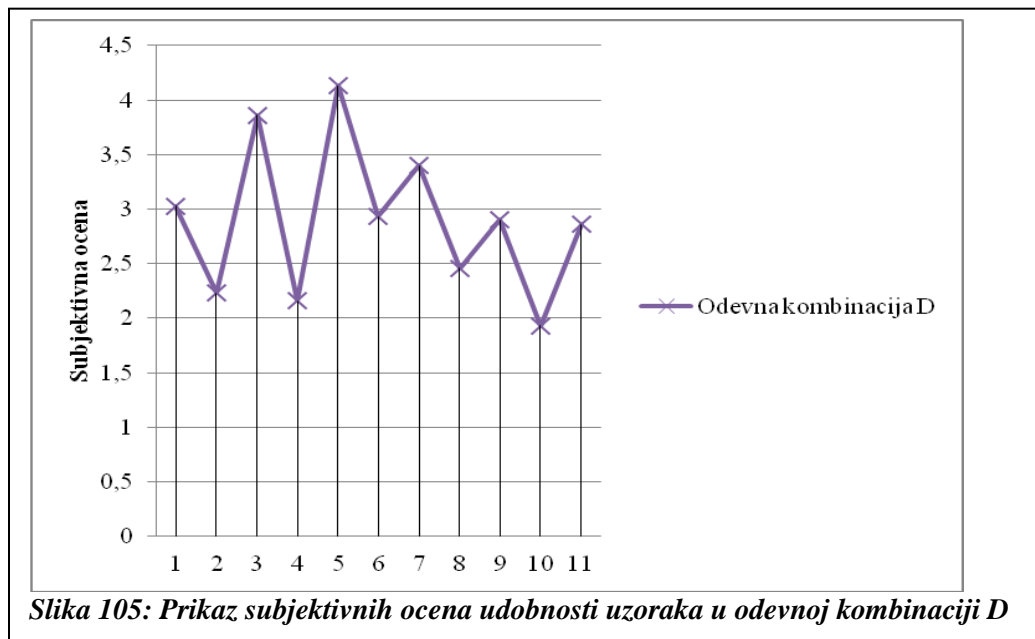




Prema tabeli 84 gde je prikazan pregled rezultata subjektivnog ocenjivanja parametara udobnosti odevne kombinacije D, izvršeno je izračunavanje srednjih ocena za svaki uzorak odevne kombinacije D, kao i rangiranje prema ocenama (tabela 98). Na slici 105 prikazan je dijagram sa ocenama udobnosti odevnih kombinacija D, posle zadnjeg merenja ispitanika.

**Tabela 98: Ocene subjektivne udobnosti na odevnoj kombinaciji D**

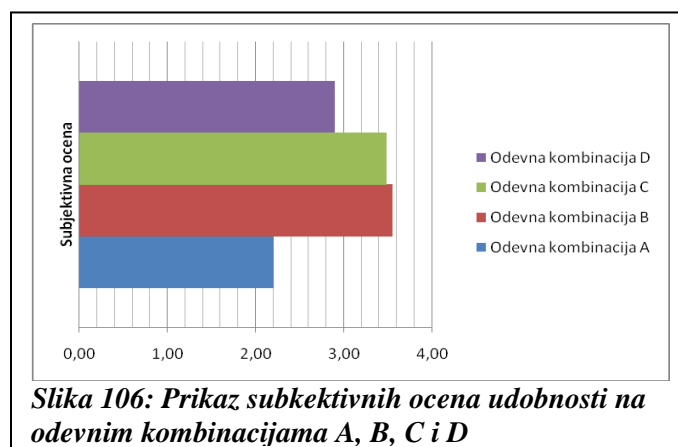
Odevna kombinacija D		
Rangiranje uzoraka prema udobnosti	Ocena subjektivne udobnosti (ocena 1-5)	Oznaka uzorka
1	4,13	5
2	3,86	3
3	3,4	7
4	3,03	1
5	2,93	6
6	2,90	9
7	2,86	11
8	2,46	8
9	2,23	2
10	2,16	4
11	1,93	10
Prosečna ocena	2,89	



Rangiranje subjektivnih ocena udobnosti prema odevnim kombinacijama A, B, C i D i to od najveće ka najlošijoj oceni, prikazano je u tabeli 99. Na slici 106 prikazan je dijagram srednjih ocena udobnosti odevnih kombinacija A, B, C i D.

**Tabela 99: Ocene subjektivne udobnosti na odevnim kombinacijama**

Rangiranje odevnih kombinacija prema udobnosti	Srednja ocena udobnosti odevnih kombinacija (ocena 1-5)	Oznaka odevnih kombinacija
1	3,55	B
2	3,48	C
3	2,89	D
4	2,20	A

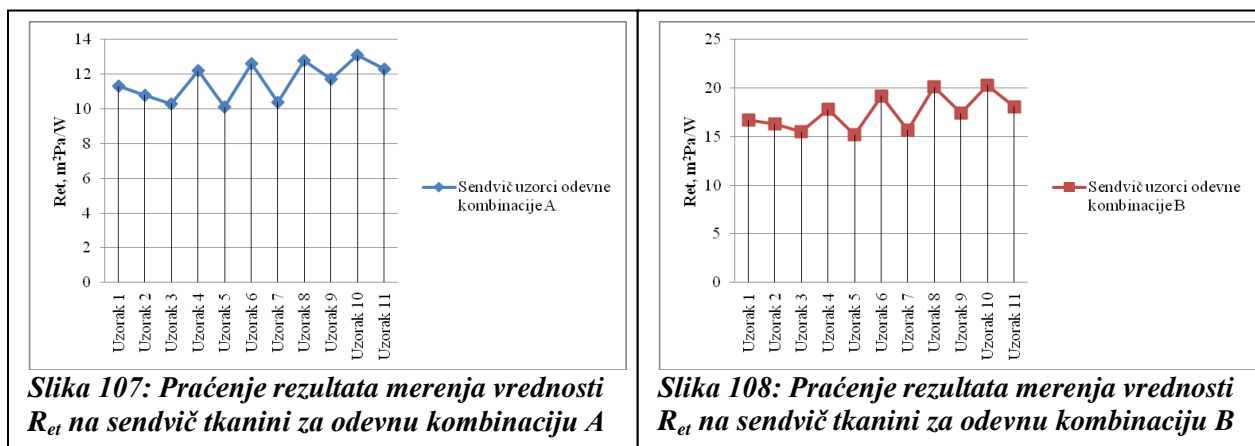


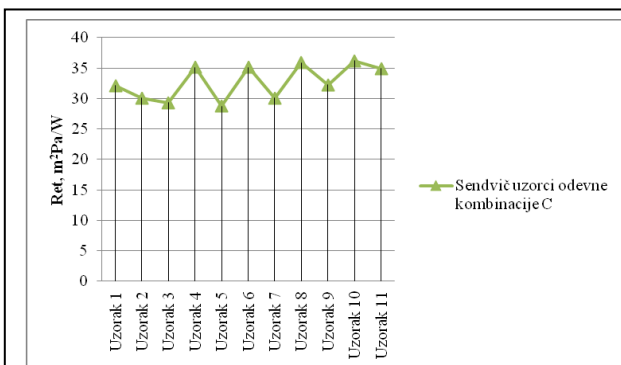
Iz tabele 99 i sa slike 106 vidi se da je kao najudobnija kombinacija označena odevna kombinacija B, a kao najneudobnija odevna kombinacija A. Odevna kombinaciji C zauzima drugo mesto, a treće kombinacija D. Poređenjem ovih subjektivnih ocena odevnih kombinacija A, B, C i D sa subjektivnim ocenama pri nošenju samo jakni primećuje se isto rangiranje. Razlog tome može se pripisati strukturnim svojstvima membrana i nanosa koje su uzorci jakni imali. Uzorak 13 ima malu površinsku masu, laminiran je PTFE membranom, koja ima veoma dobru provodljivost vodene pare. Najlošiju ocenu imala je odevna kombinacija A za koju su se ispitanici izjasnili i da im je u njoj hladno. Razlog tome je što osnovni materijal od koga je jakna sašivena nije laminiran, zbog toga ima veoma dobru provodljivost vodene pare, a toplotna otpornost mu je veoma mala, otuda osećaj hladnoće.

#### 4.3.3. Diskusija rezultata ispitivanja otpora prolazu toplote i vodene pare odevnih kombinacija

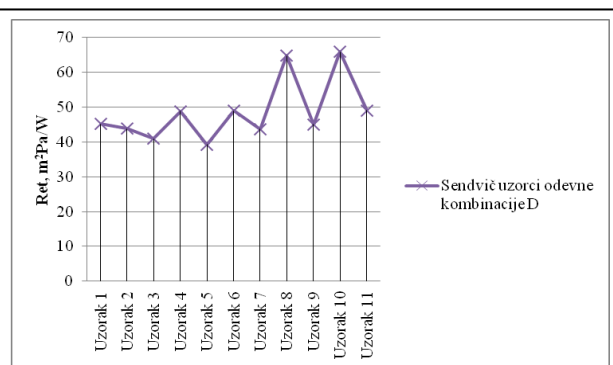
Osim merenja termofizioloških karakteristika na tkaninama izvršeno je merenje i na tzv. sendvič uzorcima. Takvi uzorci imaju zadatak da simuliraju odevnu kombinaciju tj. konkretno u ovom radu košulju, pantalone i jaknu sa postavom.

Na slikama 107-110 praćene su promene vrednosti  $R_{et}$  na sendvič uzorcima koje imitiraju odevne kombinacije A, B, C i D, a prema tabeli 75.





**Slika 109: Praćenje rezultata merenja vrednosti  $R_{et}$  na sendvič tkanini za odevnu kombinaciju C**



**Slika 110: Praćenje rezultata merenja vrednosti  $R_{et}$  na sendvič tkanini za odevnu kombinaciju D**

Posmatranjem dijagrama na slici 107 može se konstatovati da se vrednosti  $R_{et}$  sendvič uzoraka odevne kombinacije A, kreću u intervalu od  $10,1 \text{ m}^2\text{Pa/W}$  do  $13,1 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ . Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 5, 12 i međupostavu ima najveću provodljivost vodene pare, vrednost  $R_{et}$  iznosi  $10,1 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ . Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 10, 12 i međupostavu ima najmanju provodljivost vodene pare u ovoj odevnoj kombinaciji, vrednost  $R_{et}$  iznosi  $13,1 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ . Poređenjem ovih rezultata sa rezultatima prikazanim u tabelama 19 i 40, kao i sa rezultatima subjektivnog ocenjivanja (tabela 95 i slika 102), može se zaključiti da je rangiranje uzoraka iz odevne kombinacije A pri subjektivnom ocenjivanju i pri merenju vrednosti  $R_{et}$  na sendvič uzorku dalo iste rezultate. Uzorci koji su najboljom subjektivnom ocenom bili ocenjeni, pri merenju sendvič uzorka, imali su najmanje vrednosti  $R_{et}$  što ukazuje da je na tim uzorcima provodljivost vodene pare bila najbolja. To je sendvič uzorak koji sadrži uzorke 5, 12 i međupostavu i njena subjektivna ocena iznosi 2,61, a vrednost  $R_{et}$   $10,1 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ . Odevna kombinacija A koja sadrži uzorke 10, 12 i međupostavu je pri subjektivnom ocenjivanju označena kao najneudobnija i ocenjena je sa ocenom 1,73, a vrednost  $R_{et}$  dobijena merenjem na vrućoj ploči sendvič uzorka iznosila je  $13,1 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ .

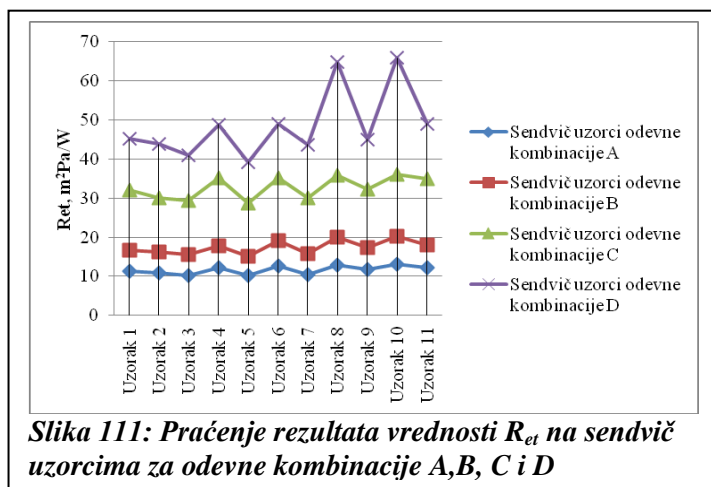
Posmatranjem dijagrama na slici 108 može se konstatovati da se vrednosti  $R_{et}$  sendvič uzoraka odevne kombinacije B, kreću u intervalu od  $15,2 \text{ m}^2\text{Pa/W}$  do  $20,3 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ . Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 5, 13 i međupostavu ima najveću provodljivost vodene pare, vrednost  $R_{et}$  iznosi  $15,2 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ . Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 10, 13 i međupostavu ima najmanju provodljivost vodene pare u ovoj odevnoj kombinaciji, vrednost  $R_{et}$  iznosi  $20,3 \text{ m}^2\text{Pa/W}$ . Poređenjem ovih rezultata sa rezultatima prikazanim u tabelama 19 i 40, kao i sa rezultatima

subjektivnog ocenjivanja (tabela 96 i slika 103), može se zaključiti da je rangiranje uzoraka iz odevne kombinacije B pri subjektivnom ocenjivanju i pri merenju vrednosti  $R_{et}$  na sendvič uzorku dalo iste rezultate. Uzorci koji su najboljom subjektivnom ocenom bili ocenjeni pri merenju sendvič uzorka imali su najmanje vrednosti  $R_{et}$ , što ukazuje da je na tim uzorcima provodljivost vodene pare bila najbolja. To je sendvič uzorak koji sadrži uzorke 5, 13 i međupostavu i njena subjektivna ocena iznosi 4,63, a vrednost  $R_{et}$  15,2  $m^2Pa/W$ . Odevna kombinacija A koja sadrži uzorke 10, 13 i međupostavu je pri subjektivnom ocenjivanju označena kao najneudobnija i ocenjena je sa ocenom 1,93, a vrednost  $R_{et}$  dobijena merenjem na vrućoj ploči sendvič uzorka iznosila je 20,3  $m^2Pa/W$ .

Posmatranjem dijagrama na slici 109 može se konstatovati da se vrednosti  $R_{et}$  sendvič uzoraka odevne kombinacije C, kreću u intervalu od 28,7  $m^2Pa/W$  do 36,1  $m^2Pa/W$ . Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 5, 14 i međupostavu ima najveću provodljivost vodene pare, vrednost  $R_{et}$  iznosi 28,7  $m^2Pa/W$ . Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 10, 14 i međupostavu ima najmanju provodljivost vodene pare u ovoj odevnoj kombinaciji, vrednost  $R_{et}$  iznosi 36,1  $m^2Pa/W$ . Poređenjem ovih rezultata sa rezultatima prikazanim u tabelama 19 i 40, kao i sa rezultatima subjektivnog ocenjivanja (tabela 97 i slika 104), može se zaključiti da je rangiranje uzoraka iz odevne kombinacije C pri subjektivnom ocenjivanju i pri merenju vrednosti  $R_{et}$  na sendvič uzorku dalo iste rezultate. Uzorci koji su najboljom subjektivnom ocenom bili ocenjeni pri merenju sendvič uzorka imali su najmanje vrednosti  $R_{et}$  što ukazuje da je na tim uzorcima provodljivost vodene pare bila najbolja. To je sendvič uzorka koji sadrži uzorke 5,14 i međupostavu i njena subjektivna ocena iznosi 4,4 a vrednost  $R_{et}$  28,73  $m^2Pa/W$ . Odevna kombinacija C koja sadrži uzorke 10, 14 i međupostavu je pri subjektivnom ocenjivanju označena kao najneudobnija i ocenjena je sa ocenom 2,0, a vrednost  $R_{et}$  dobijena merenjem na vrućoj ploči sendvič uzorka iznosila je 36,18  $m^2Pa/W$ .

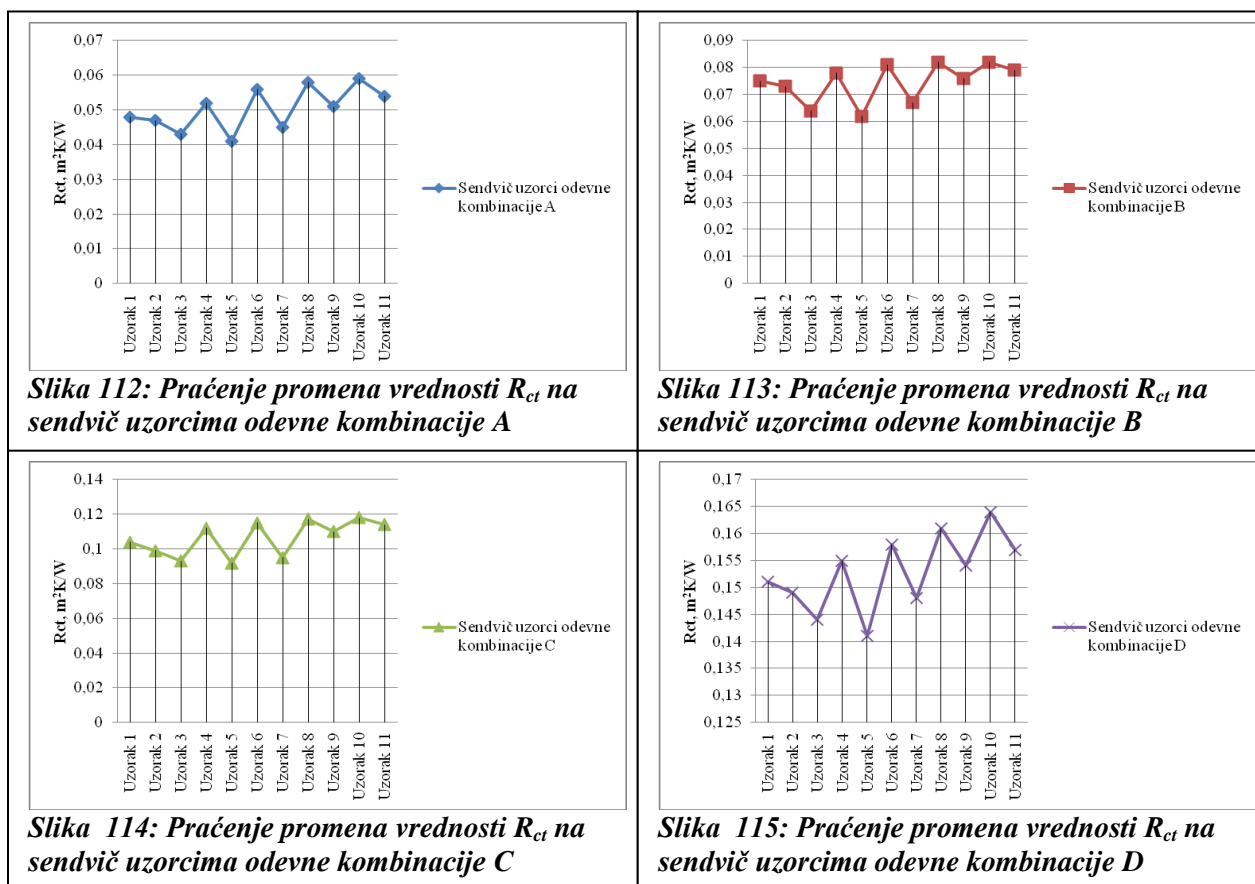
Posmatranjem dijagrama na slici 110 može se konstatovati da se vrednosti  $R_{et}$  sendvič uzoraka odevne kombinacije D, kreću u intervalu od 39,2  $m^2Pa/W$  do 65,9  $m^2Pa/W$ . Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 5, 15 i međupostavu ima najveću provodljivost vodene pare, vrednost  $R_{et}$  iznosi 39,2  $m^2Pa/W$ . Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 10, 15 i međupostavu ima najmanju provodljivost vodene pare u ovoj odevnoj kombinaciji, vrednost  $R_{et}$  iznosi 65,9  $m^2Pa/W$ . Poređenjem ovih rezultata sa rezultatima prikazanim u tabelama 19 i 40, kao i sa rezultatima subjektivnog ocenjivanja (tabela 98 i slika 105), može se zaključiti da je rangiranje uzoraka iz odevne kombinacije D pri subjektivnom ocenjivanju i pri merenju vrednosti  $R_{et}$  na sendvič

uzorku dalo iste rezultate. Uzorci koji su najboljom subjektivnom ocenom bili ocenjeni pri merenju sendvič uzoraka, imali su najmanje vrednosti  $R_{et}$  što ukazuje da je na tim uzorcima provodljivost vodene pare bila najbolja. To je sendvič uzorak koji sadrži uzorke 5, 15 i međupostavu i njena subjektivna ocena iznosi 4,13, a vrednost  $R_{et}$  39,21  $m^2Pa/W$ . Odevna kombinacija D koja sadrži uzorke 10, 12 i međupostavu je pri subjektivnom ocenjivanju označena kao najneudobnija i ocenjena je sa ocenom 1,93, a vrednost  $R_{et}$  dobijena merenjem na vrućoj ploči sendvič uzorka iznosila je 65,91  $m^2Pa/W$ .



Posmatranjem slike 111 na kojoj su prikazane vrednosti  $R_{et}$  na svim sendvič uzorcima odevnih kombinacija A, B, C i D može se konstatovati da sendvič uzorci odevne kombinacije A imaju najveću provodljivost vodene pare, zatim sledi odevna kombinacija B, pa onda C i na kraju su sendvič uzorci odevne kombinacije D. Veliku ulogu u provođenju vodene pare svih uzoraka je imao osnovni uzorak od koga je sašivena jakna. Odevna kombinacija A u svom sastavu osim ostalih uzoraka sadrži i uzorak 12. On predstavlja osnovnu tkaninu bez membrane/nanosa. Upravo ta karakteristika uzorka 12, kao i njegova mala površinska masa uticale su da provodljivost vodene pare bude najbolja u odevnoj kombinaciji A. Odevna kombinacija B sadrži više uzoraka, jedan od njih je uzorak 13. Njegova karakteristika je sadržaj PTFE membrane koja ima malu površinsku masu i veoma dobru provodljivost vodene pare. Upravo ova karakteristika je omogućila veoma dobru provodljivost vodene pare na sendvič uzorku odevne kombinacije B. Na zadnjem mestu našao se uzorak sa troslojnom strukturom, najvećom površinskom masom i najvećom debljinom uzorka, a to su sendvič uzorci odevne kombinacije D.

Na slikama 112- 115 praćene su promene vrednosti  $R_{ct}$  na sendvič uzorcima odevnih kombinacija A, B, C i D.



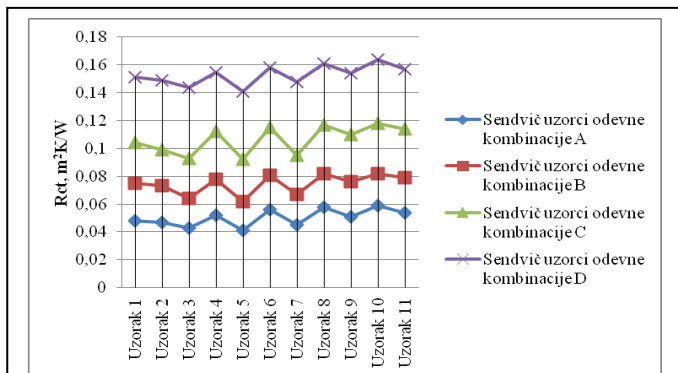
Posmatranjem dijagrama na slici 112 može se konstatovati da se vrednosti  $R_{ct}$  sendvič uzoraka odevne kombinacije A, kreću u intervalu od  $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$  do  $0,059 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 5, 12 i međupostavu ima najmanju toplotnu otpornost, vrednost  $R_{ct}$  iznosi  $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 10, 12 i međupostavu ima najveću toplotnu otpornost u ovoj odevnoj kombinaciji, vrednost  $R_{ct}$  iznosi  $0,059 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Upravo ovako mala toplotna otpornost je uticala na subjektivnu ocenu odevne kombinacije A da je najneudobnija (tabela 99, slika 104). Uzorak koji je korišćen za šivenje lica jakne je u velikoj meri uticao na rezultat  $R_{ct}$ .

Posmatranjem dijagrama na slici 113 može se konstatovati da se vrednosti  $R_{ct}$  sendvič uzoraka odevne kombinacije B, kreću u intervalu od  $0,062 \text{ m}^2\text{K/W}$  do  $0,082 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 5, 13 i međupostavu ima najmanju toplotnu otpornost, vrednost  $R_{ct}$

iznosi 0,062 m<sup>2</sup>K/W. Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 10, 13 i međupostavu ima najveću toplotnu otpornost u ovoj odevnoj kombinaciji, vrednost R<sub>ct</sub> iznosi 0,082 m<sup>2</sup>K/W. Poređenjem tabele 99, slike 104 sa rezultatima merenja R<sub>ct</sub> vrednosti na sendvič uzorcima odevne kombinacije B (tabela 84) može se konstatovati da su sendvič uzorci u ovoj kombinaciji imali najbolju ocenu jer su ispitanici pri umerenom naporu imali najprijatniji osećaj i rangirali je na prvo mesto. Razlog tome je vrednost toplotne otpornosti koju su imali sendvič uzorci odevne kombinacije B, a toj karakteristici je doprinela PTFE membrana.

Posmatranjem dijagrama na slici 114 može se konstatovati da se vrednosti R<sub>ct</sub> sendvič uzoraka odevne kombinacije C, kreću u intervalu od 0,092 m<sup>2</sup>K/W do 0,118 m<sup>2</sup>K/W. Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 5, 14 i međupostavu ima najmanju toplotnu otpornost, vrednost R<sub>ct</sub> iznosi 0,092 m<sup>2</sup>K/W. Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 10, 14 i međupostavu ima najveću toplotnu otpornost u ovoj odevnoj kombinaciji, vrednost R<sub>ct</sub> iznosi 0,118 m<sup>2</sup>K/W. PU membrana kao sastavni deo sendvič uzoraka odevne kombinacije C uticala je na malo veću toplotnu otpornost što je učinilo da pri umerenom hodu ispitanici steknu osećaj malo topliji i da ovu odevnu kombinaciju rangiraju na drugo mesto.

Posmatranjem dijagrama na slici 115 može se konstatovati da se vrednosti R<sub>ct</sub> sendvič uzoraka odevne kombinacije D, kreću u intervalu od 0,141 m<sup>2</sup>K/W do 0,164 m<sup>2</sup>K/W. Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 5, 15 i međupodstavu ima najmanju toplotnu otpornost, vrednost R<sub>ct</sub> iznosi 0,141 m<sup>2</sup>K/W. Sendvič uzorak koji sadrži uzorke 10, 15 i međupodstavu ima najveću toplotnu otpornost u ovoj odevnoj kombinaciji, vrednost R<sub>ct</sub> iznosi 0,164 m<sup>2</sup>K/W. Troslojna struktura uzorka 15 koji je sastavni deo sendvič uzoraka odevne kombinacije D uticala je na veliku toplotnu otpornost što je učinilo da pri umerenom hodu ispitanici steknu osećaj pregrijanosti i da ovu odevnu kombinaciju rangiraju na treće mesto.



**Slika 116: Praćenje promena vrednosti R<sub>ct</sub> na sendvič uzorcima odevnih kombinacija A, B, C i D**



Posmatranjem slike 116 na kojoj su prikazane vrednosti  $R_{ct}$  na svim sendvič uzorcima odevnih kombinacija A, B, C i D može se konstatovati da sendvič uzorci odevne kombinacije A imaju najmanju toplotnu otpornost, zatim je odevna kombinacija B, pa onda sledi odevna kombinacija C i na kraju su sendvič uzorci odevne kombinacije D. Upravo vrednost  $R_{ct}$  utiče na osećaj toplote kod ispitanika, što je i potvrđeno upoređivanjem izmerenih vrednosti  $R_{ct}$  (tabela 76) sa subjektivnim osećajima ispitanika (tabela 99). Takođe je potvrđeno da su provođenje vodene pare i toplotna otpornost disproporcionalne. Prema priloženim rezultatima i diskusiji može se zaključiti da su rezultati laboratorijskih ispitivanja upravo potvrdili i objasnili subjektivni osećaj ocenjivača pri nošenju odevnih kombinacija.

## V Zaključak

Analizom, poređenjem i statističkom obradom dobijenih rezultata, koji se odnose na termofiziološka svojstva materijala, može se zaključiti da:

- Za kvalitetnu karakterizaciju svojstava termofiziološke udobnosti tekstilnih proizvoda potrebno je primeniti sistemski pristup koji obuhvata merenje i izračunavanje niza parametara na relaciji vlakno-pređa-tkanina-oplemenjivanje-odevni predmet. Kako bi se sa većom sigurnošću mogli doneti određeni zaključci, uticaj parametara posmatran je po grupama, a ne pojedinačno koristeći pažljivo projektovane i izrađene uzorke.
- Sprovedena ispitivanja ukazuju da određena svojstva vlakana, pređe i tkanina u velikoj meri utiču na promenu otpora tkanina prolazu toplote i vodene pare. Među parametrima vlakana značajni su finoća i dužina, od parametara pređe od značaja su finoća, upredenost i dužina vlakana u pređi, dok se među parametrima tkanina izdvaja površinska masa, debljina, gustina žica itd. Posebno treba istaći strukturu tkanine, zbog velikog uticaja na ostale fizičko-mehaničke i termofiziološke karakteristike svih tkanina.
- Praćenjem promena tkanina tokom 50 ciklusa pranja dolazi do neznatnog opadanja površinske mase i slabljenja fizičko mehaničkih karakteristika.
- Primenjeni procesi laminiranja i naslojavanja doveli su do poboljšanja fizičko mehaničkih svojstava osnovnog tekstilnog materijala
- Predloženi matematički modeli funkcionalne zavisnosti termofizioloških svojstava ( $R_{et}$  i  $R_{ct}$ ) od broja pranja, u toku upotrebe odevnog predmeta (tkanine) zadovoljavajuće fituju eksperimentalne podatke i mogu se primeniti na tkaninama sličnim ispitivanim tkaninama tj., za predviđanje ponašanja odevnih predmeta izrađenih od tih tkanina, pri nezi u toku upotrebe, što može da bude od značaja pri izboru materijala za izradu odevnog predmeta za određenu namenu.
- Iz poređenja vodonepropustljivosti laminiranih i naslojenih tkanina sa osnovnom tkaninom, proizilazi da se može ciljano primeniti određena tkanina za spoljašnji sloj odevne kombinacije.
- Poređenjem dobijenih rezultata za otpor prolazu vodene pare za sve ispitivane uzorke na različitim temperaturama, relativnim vlažnostima i brzinama strujanja vazduha, konstatovan je uticaj ovih parametara okruženja na  $R_{et}$  vrednosti odevnog

predmeta u ispitivanom opsegu, što opredeljuje i namenu određenog tekstilnog materijala u određenim oblastima primene i nivo zaštite, odnosno klasu prihvatljivosti za određene klimatske uslove.

- Poređenjem dobijenih rezultata za toplotnu otpornost za sve ispitivane uzorke na različitim temperaturama, relativnim vlažnostima i brzinama strujanja vazduha, konstatovano je da je izuzetno velik uticaj ovih parametara okruženja na  $R_{ct}$  vrednosti odevnog predmeta u ispitivanom opsegu.
- Upoređivanje vrednosti  $R_{et}$  i  $R_{ct}$  dobijenih pri merenju sendvič uzoraka odevnih kombinacija A, B, C i D sa subjektivnim ocenjivanjem ispitanika pri upotrebi istih odevnih kombinacija konstatovano je da se merenjem vrednosti  $R_{et}$  i  $R_{ct}$  može sa sigurnošću predvideti subjektivni osećaj korisnika odevnih kombinacija.
- Sprovedenim istraživanjem i prikazanim rezultaima proširena su dosadašnja saznanja na osnovu kojih će se moći predvideti parametri udobnosti sličnih tekstilnih proizvoda za tople (srednji i spoljašnji sloj) i hladne (spoljašnji sloj) uslove okoline, oceniti upotrebnost svojstva odevnog kompleta odeće za određenu namenu.

## LITERATURA

1. Padhy: Thermal comfort properties of Kevlar and Kevlar/wool fabrics; *Textile Research Journal*, 2014, Vol. 84(19) 2094–2102
2. Rohles, F. H., and Nevins, R. G., 1971, The nature of thermal comfort for sedentary man, *ASHRAE Transactions*, 77 (1), 239-246.
3. Burton, A. C. and Edholm, O. G., 1955, *Man in Cold Environment*, London: Edward Arnold.
4. Gagge, A. P., Burton, A. C. and Bazett, H. C., 1941, A practical system of units for the description of the heat exchange of man with his thermal environment, *Science NY*, 94, 428-430.
5. McCullough, E. A. and Jones, B. W., 1984, A comprehensive database for estimating clothing insulation, Institute for Environmental Research, Kansas State University, IER Technical Report 84-01, December.
6. McCullough, E. A., Jones, B. W. and Tamura, T., 1989, A database for determining the evaporative resistance of clothing, *ASHRAE Transactions*, 95.
7. Parsons, K. C., and Bishop, D., 1991, A data base model of human responses to thermal environments, in E. J. Lovesey (Ed.), *Contemporary Ergonomics*, London: Taylor & Francis, pp. 444-449.
8. Oohori, T., Berglund, L. G. and Gagge, A. P. 1984, Comparison of current two parameter indices of vapour permeation of clothing – as factors governing thermal equilibrium and human comfort, *ASHRAE Transactions*, 90(2A), 85-101.
9. Kerslake, D. M., 1972, *The Stress of Hot Environment*, Cambridge: Cambridge University Press.
10. Olesen, B. W., Sliwiska, E., Madsen, T. L. and Fanger, P. O., 1982, Effects of body posture and activity on the thermal insulation of clothing: measurements by a movable thermal manikin, *ASHRAE Transactions*, 88(2), 791-805.

11. Yanping Liu, Hong Hu and Wai Man Au: Protective properties of warp-knitted spacer fabrics under impact in hemispherical form. Part II: effects of structural parameters and lamination; *Textile Research Journal* 2014, Vol 84(3) 312–322
12. Holmér, I. Nilsson, H., Havenith, G. and Parsons, K.C., 1999, Clothing convective heat exchange. Proposal for improved representation in standards and models, *Annals of Occupational Hygiene*, 43 (5) 329-337.
13. ISO 9920:1995 Ergonomics of the thermal environment -- Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble
14. Olesen, B. W. and Dukes-Dubos, F. N., 1988, International standards for assessing the effect of clothing on heat tolerance and comfort, in S. Z. Mansdorf, R. Sager and A. P. Nielson (Eds), *Performance of Protective Clothing*, Philadelphia: ASTM, pp. 17-30.
15. ISO 13688:2013 - Protective clothing - General requirements
16. Oohori, T., Berglund, L. G. and Gagge, A. P., 1988, Simple relationships among current vapour permeability indices of clothing with a trapped-air layer, in I. B. Mekjavic, E. W. Banister and J. B. Morrison (Eds), *Environmental Ergonomics*, ISBN 0-85066-400-4.
17. Woodruff F. A., Environmentally Friendly Coating and Laminating: New Processes and Techniques, *Journal of COATED FABRICS*, **21** (1992), 240-259
18. ASHRAE, 1997, Thermal comfort, *ASHRAE Handbook of Fundamentals*, Chapter 8 Atlanta, USA.
19. Fanger, P. O., 1970, *Thermal Comfort*, Copenhagen: Danish Technical Press
20. Crockford, G. W., Crowder, M. and Prestidge, S.P., 1972, A trace gas technique for measuring clothing microclimate air exchange rates, *British Journal of Industrial Medicine*, 29, 278-386.
21. Crockford, G. W. and Rosenblum, H. A., 1974, The measurement of clothing microclimate volumes, *Clothing Research Journal*, 2(3), 109-114.
22. Sumit Mandal and Guowen Song: Thermal sensors for performance evaluation of protective clothing against heat and fire: a review *Textile Research Journal* 2015, Vol. 85(1) 101–112

23. Birnbaum, R. R. and Crockford, G. W., 1978, Measurement of the clothing ventilation index, *Applied Ergonomics*, 9(4), 194-200.
24. Bouskill, L. M., 1999, Clothing ventilation and human thermal response. PhD thesis, Department of Human Sciences, Loughborough University, UK.
25. Bouskill, L. M., Kuklane, K., Holmer, I., Parsons, K. C. and Withey, W. R., 1998a, The relationship between ventilation index and thermal insulation, in J. A. Hodgdon, J. H. Heaney and M. J. Buono (Eds), *Environmental Ergonomics VIII*, pp. 195-202, ISBN 0-9666953-1-3.
26. Lotens, W. A. and Havenith, G., 1988, Ventilation of rainwear determined by a trace gas method, in I. B. Mekjavic, E. W. Bannister and J. B. Morrison (Eds), *Environmental Ergonomics*, London: Taylor & Francis, pp. 162-176.
27. Havenith, G., Holmér, I., de Hartog, E. A. and Parsons, K. C. 1999, Clothing evaporative heat resistance. Proposal for improved representation in standards and models, *Annals of Occupational Hygiene*, 43(5), 339-346.
28. Lotens, W. A., 1993, Heat transfer from humans wearing clothing. PhD thesis, University of Delft, The Netherlands.
29. Rohles, F. H., and Nevins, R. G., 1971, The nature of thermal comfort for sedentary man, *ASHRAE Transactions*, 77 (1), 239-246.
30. Bouskill, L. M., Havenith, G., Kuklane, K., Parsons, K.C. and Withey, W. R., 2002, Relationship between clothing ventilation and thermal insulation, *American Industrial Hygiene Association Journal*, In Press.
31. Havenith, G. and Zhang, P., 2002, Comparison of different tracer gas dilution methods for the determination of clothing ventilation, in Y. Tochihara (Ed.), *Environmental Ergonomics X*, Proceedings of the tenth conference on Environmental Ergonomics, Japan: Fukuoka, ISBN 4-9901358-0-6.
32. Fanger, P. O., 1967, Calculation of thermal comfort: introduction of a basic comfort equation, *ASHRAE Transactions*, 73, Part 2.

33. McCullough, E.A. and Hong, S., 1992, A database for determining the effect of walking on clothing insulation, in Lotens and Havenith (Eds), *Proceedings of the Fifth International Conference on Environmental Ergonomics*, Maastricht, The Netherlands
34. Lotens, W. A., 1988, Comparison of the thermal predictive models for clothed humans, *ASHRAE Transactions*, 94, Part 1.
35. Lotens, W. A., 1990, Clothing thermal evaluation using heat balance techniques, *Proceedings of the International Conference on Environmental Ergonomics – IV*, Austin, Texas.
36. Thellier, F., Serin, G., Monchoux, F. and Cordier, A., 1992, Clothing effort on thermal sensations, Evaluation by transient modelling, in W. A. Lotens and G. Havenith (Eds), *Proceedings of the Fifth International Conference on Environmental Ergonomics*, Maastricht, The Netherlands
37. Umbach, K. H., 1988, Physiological testes and evaluation models for the optimization of the performance of protective clothing, in I. B. Mekjavic, E. W. Banister and J. B. Morrison (Eds), *Environmental Ergonomics*, London: Taylor & Francis, pp. 139-161.
38. McCullough, E. A., 1990, Physical techniques for determining the resistance to heat transfer provided by clothing. In *Proceedings of the International Conference on Environmental Ergonomics, IV*, Austin, USA.
39. ISO 11092:1993 - Textiles - Physiological effects - Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test)
40. Goldman, R. F., 1988, Standards for human exposure to heat, in I. B. Mekjavic, E. W. Banister and J. B. Morrison (Eds), *Environmental Ergonomics*, London: Taylor & Francis, pp. 99-136.
41. Ward, D. (1998), 'Growing global interest in weatherproof membranes', *Textile Month*, March, 14±17.
42. Mecheels, J. and Umbach, K. H., 1977, Themophysiologische Eigenschaften von Kleidunssystemen (Thermophysiological properties of clothing systems), *Melliand Textilberichte*, 58, 73-81.
43. Nishi, Y. and Gagge, A. P., 1977, Effective temperature scale useful for hypo-and

- hyperbaric environments, *Aviation Space and Environmental Medicine*, 48, 97-107.
44. Muhammad Mushtaq Mangat, Lubos Hes and Vladimír Bajzík: Thermal resistance models of selected fabrics in wet state and their experimental verification; *Textile Research Journal*, 2015, Vol. 85(2) 200–210
  45. Jiazhen He<sup>1</sup>, Jun Li<sup>1</sup> and Eunae Kim<sup>2</sup>: Assessment of the heat and moisture transfer in a multilayer protective fabric system under various ambient conditions; *Textile Research Journal* 2015, Vol. 85(3) 227–237
  46. Parsons K. C., *Human Thermal Environments*, second edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, New York, USA, 2003
  47. Škundrić P. i dr., *Tekstilni materijali*, Tehnološko-metalurški fakultet
  48. Grupa autora, “*Tekstilni priručnik*”, Društvo inženjera i tehničara tekstilaca DITT, Maribor, 1987
  49. Lazić B., Popović B., *Tehnologija bojenja tekstila*, Visoka tekstilna strukovna škola za dizajn, tehnologiju i menadžment, Beograd, 2014., s. 1
  50. Novaković M., Džokić D., Đorđević S., “*Teorija i tehnologija oplemenjivanja tekstila hemijskom doradom*”, BMG, Beograd, 1998, s. 347-408, 463-469
  51. Horrocks A. R., Anand S. C., “*Handbook of technical textiles*”, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2000., s. 282-314
  52. Horrocks A. R., Anand S. C., “*Handbook of technical textiles*”, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2000., s. 173-186,
  53. Moncrieff R., *Man-Made Fibres*, Butterworth Scientific, London, UK, 1982, p. 443-447, 467, s. 467
  54. Wyon, D. P., 1989, The use of thermal manikins in environmental ergonomics, *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 15 (supplement), 84-94.
  55. Grant R. R., Coating and laminating industrial fabrics, *Journal of COATED FABRICS*, **12** (1983), 196-212
  56. Škundrić P. i dr., *Tekstilni materijali*, Tehnološko-metalurški fakultet s. 11-14,



57. Peters R.H., „Textile chemistry, Volume II, Impurities in Fibres; Purification of Fibres“, Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 1967, 88-89, s. 88
58. Škundrić P. i dr., Tekstilni materijali, Tehnološko-metalurški fakultet, s. 48, 51
59. Sprague, C. H. and Munson, D. M., 1974, A composite ensemble method for estimating thermal insulation values of clothing, ASHRAE Transactions, 80(2), 120-129.
60. [http://www.ehow.com/about\\_5114277\\_polyester-cotton-blend.html](http://www.ehow.com/about_5114277_polyester-cotton-blend.html)
61. Esra Tas, tan O Ğ zkan and Binnaz Meric, 2014., Thermophysiological comfort properties of different knitted fabrics used in cycling clothes, Textile Research Journal February 1, 2016 86: 325-336
62. Weiner, L.I. (1970), `The relationship of moisture vapour transmission to the structure of textile fabrics', Textile Chemists and Colourists, 2(22), 378±385.
63. Moilliet, J.L. (1963), Waterproofing and Water-repellency, Elsevier, London.
64. Kissa, E. (1984), `Repellent finishes', in Lewin, M. and Sello, S.B. (eds), Handbook of Fibre Science and Technology Vol. 1: Chemical Processing of Fibres and Fabrics: Part B, Marcel Dekker Inc., New York.
65. Shim H. McCullough AE: The effectiveness of phase change materials in outdoor clothing. Arbete Hälsa 2000; 8: 90-94.
66. BS 3546:2001 Coated fabrics for use in the manufacture of water penetration resistant clothing
67. Adler, M.M. and Walsh, W.K. (1984), “Mechanisms of transient moisture transport between fabrics”, Textile Research Journal, 54(5), 334±343.
68. Fourt, L. and Harris, M. (1947), `Diffusion of water vapour through textiles', Textile Water resistance and water vapour transfer 303 Research Journal, 17(5), 256±263.
69. Wilson, J. R. and Corlett, E. N., 1995, Evaluation of Human Work, 2nd Edn, London: Taylor & Francis, ISBN 0-7484-0084-2.
70. Whelan, M.E., MacHattie, L.E., Coodings, A.C. and Turl, L.H. (1955), `The diffusion of water vapour through laminate with particular reference to textile fabrics', Textile Research Journal, 25(3), 197±222.

71. Ruckman, J.E. (1997b), 'Water vapour transfer in waterproof breathable fabrics, part: under windy conditions', *International Journal of Clothing Science and Technology*, 9(1), 23±33.
72. BS 7209:1990 - Specification for water vapour permeable apparel fabrics
73. ASTM E96-80- Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials
74. Scott, R.A. (2000), 'Textiles in defence', in Horrocks, A.R. and Anand, S.C. (eds), *Handbook of Technical Textiles*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
75. R. H. Perry and D. Green, "Perry's Chemical Engineers' Handbook" 6th ed., pp. 20-6, McGraw-Hill International Editions, ISBN 0-07-Y66482-X, 1988]. Psihrometrijski dijagram
76. Kim, J.O. (1999), 'Dynamic moisture vapour transfer through textiles, part III: effect of film characteristics on microclimate moisture and temperature changes', *Textile Research Journal*, 69(3), 193±202.
77. Bartels, V.T. and Umbach, K.H. (2002), "Water vapour transport through protective textiles at low temperatures", *Textile Research Journal*, 72(10), 899±905.
78. M. Farzandi, S. Razipour, F. Mousazadegan and S. Saharkhiz, 2013., Effects of using interlinings on physical and mechanical properties of wind stoppers, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Volume 25, Issue 2, Vol. 25 Iss: 2, pp.99 - 108
79. EN ISO 13937-2:2000 -Tekstil – svojstva cepanja tkanina – deo 2: određivanje sile cepanja uzorka oblika pantalona (metod jednostranog cepanja)
80. Monteith, J.L. (1973), *Principles of Environmental Physics*, Edward Arnold, London
81. Mitchell, D. (1974), 'Convective heat transfer from man and other animals', in Monteith, J.L. and Mount, L.E (eds), *Heat Loss from Animals and Man*, Butterworth, London.
82. R.Shishoo, *Textiles in sports*, first edition, Woodhead Publishing Limited Cambridge England. 2005
83. Clark, J.A., Owen, J.M. and Turner, A.B. (1981), 'The physics of the microclimate', in Cena, K. and Clark, J.A. (eds), *Bioengineering Thermal Physiology and Comfort*, Elsevier Scientific, Oxford.

84. Ruckman, J.E. (1997c), 'Water vapour transfer in waterproof breathable fabrics, part 3: under rainy and windy conditions', *International Journal of Clothing Science and Technology*, 9(2/3), 141±153.
85. Keighley, J.H. (1985), 'Breathable fabrics and comfort in clothing', *Journal of Coated Fabrics*, 15, October, 89±105.
86. Sena Terliksiz, Fatma Kalaoğlu and Selin Hanife Eryürük, 2015., Analysis of thermal comfort properties of jacquard knitted mattress ticking fabrics, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 28 Iss: 1, pp.105 - 114
87. Farnworth, B., Lotens, W.A. and Wittgen, P. (1990), "Variation of water vapour resistance of microporous and hydrophilic films with relative humidity", *Textiles Research Journal*, 60(1), 50±53.
88. Ruckman, J.E. (1997c), 'Water vapour transfer in waterproof breathable fabrics, part 3: under rainy and windy conditions', *International Journal of Clothing Science and Technology*, 9(2/3), 141±153
89. Hensel, H., 1981, *Thermoreception and Temperature Regulation*, London: Academic Press.
90. Shurong Hu, Hangzhou, China, Mengmeng Zhao, and Jun Li, 2016., Effects of wind direction on sportswear thermal insulation with various ease allowance, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 28 Iss: 4, pp.492 – 502
91. Huiju Park, Soo-kyung Hwang, Joo-Young Lee, Jintu Fan, Youngjin Jeong, 2015., Impact of electrical heating on effective thermal insulation of a multi-layered winter clothing system for optimal heating efficiency, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 28 Iss: 2, pp.254 – 264
92. Antonin Havelka, Viera Glombikova, Zdenek Kus, Michal Chotebor, 2015., The thermal insulation properties of hightech sportswear fillings, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 27 Iss: 4, pp.549 - 560
93. Xiao-Qun Dai , George Havenith , 2016.,The Interaction Of Clothing Ventilation With Dry And Evaporative Heat Transfer Of Jackets – The Effect Of Air And Vapor Permeability, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Volume: 28 Issue: 5, str 3

94. Ming Fu, Wenguo Weng and Hongyong Yuan, 2014., Thermal insulations of multilayer clothing systems measured by a bench scale test in low level heat exposures, *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 26 Iss: 5, pp.412 – 423
95. Crockford, G. W., Crowder, M. and Prestidge, S.P., 1972, A trace gas technique for measuring clothing microclimate air exchange rates, *British Journal of Industrial Medicine*, 29, 278-386.
96. Pontrelli, G. J.:Tragekomfort durch Textilgestaltung. *Melliand Textilberichte* 12, (1989), 906-910
97. Škundrić P. i dr., *Tekstilni materijali*, Tehnološko-metalurški fakultet s. 44-53
98. Woodcock, A. H., 1962, Moisture transfer in textile systems, *Textile Research Journal*, 8, 628-633.
99. Ruckman, J.E. (1997a), 'Water vapour transfer in waterproof breathable fabrics, part : under steady state conditions', *International Journal of Clothing Science and Technology*, 9(1), 10±22.
100. Bedford, T., 1936, The warmth factor in comfort at work: A physiological study of heating and ventilation, *Industrial Health Research Board Report. No.76*, London: HMSO.
101. ISO 9886:2004 - Ergonomics - Evaluation of thermal strain by physiological measurements
102. Gonzalez, R. R. and Gagge, A. P., 1973, Magnitude estimates of thermal discomfort during transients of humidity and operative temperature (ET\*), *ASHRAE Transactions*, 79(1), 89-96.
103. EN ISO 9920:2007 - Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble
104. Esra Tas, tan O`zkan and Binnaz Meric:Thermophysiological comfort properties of different knitted fabrics used in cycling clothes; *Textile Research Journal*, 2015, Vol. 85(1) 62–70
105. ASHRAE, 1989a, Physiological principles, comfort and health, in *Fundamentals Handbook*, Atlanta.

106. Nevins, R.G., Rohles, F. H., Springer, W. and Feyerherm, A. M., 1966, A temperature humidity chart for thermal comfort of seated persons, ASHRAE Transactions, 72(I), 283-291.
107. J.T.Williams "Textiles for Cold Weather Apparel", Woodhead Publishing in Textiles, 2009, st. 159
108. McNall, P. E., Ryan, P. W., Rohles, F. W., Nevins, R. G. and Springer, W. E., 1968, Metabolic rates at four activity levels and their relationship to thermal comfort, ASHRAE Transactions, 74, Part I. IV. 3. 1.
109. ISO 7730:1994 - Moderate thermal environments -- Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort
110. J.T.Williams "Textiles for Cold Weather Apparel", Woodhead Publishing in Textiles, 2009, st. 159
111. Gagge, A. P., Nishi, Y. and Gonzalez, R. R., 1972, Standard effective temperature index of temperature sensation and thermal discomfort, Proceedings of the CIB Commission W45 (Human requirements) Symposium, Building Research Station, UK.
112. ISO 10551:1995 - Ergonomija toplotne sredine – Procena uticaja toplotne sredine koja koristi skale subjektivne ocene
113. Ivana Salopek Čubrić, Studij termofiziološke udobnosti pletenih struktura, doktorska disertacija 2009, str.89
114. D. Herceg, N. Krejić, Numerička analiza, Univerzitet u Novom Sadu, Stylos, Novi Sad,1997, p.33-71
115. G. V. Milovanović, Numerička analiza, (I deo, II deo, III deo), Naučna knjiga, Beograd, 1985, p. 10-118
116. ISO 11092:2014 - Textiles - Physiological effects - Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test)
117. SRPS F.B1.021:1984 Pamučna vlakna- Tehnički uslovi
118. ASTM D1445 / D1445M – 12 - Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Cotton Fibers (Flat Bundle Method)
119. CEN TR 16422:2012 - Classification of thermoregulatory properties

120. ISO 11079:1993 - Ergonomics of the thermal environment -- Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects

## PRILOZI

### Prilog 1: Medicinski upitnik

MEDICINSKI UPITNIK		
1.Koliko vam je godina?		
2.Kolika vam je telesna visina?		
3.Kolika vam je težina?		
	NE	DA
4.Bolujete li od bolesti srca?		
5.Bolujete li od bolesti pluća?		
6.Bolujete li od kožnih bolesti?		
7.Imate li visok krvni pritisak?		
8.Imate li alergiju?		
9.Imate li problema sa zglobovima ili kičmom?		
10.Imate li problema za hormonima?		
11.Imate li dijabetes?		
12.Da li imate problema sa znojenjem?		
13.Da li dobro vidite, koristite li naočare?		
14.Da li imate bilo koji psihički poremećaj?		
15.Da li pijete neke lekove? Ako da, navedite koje.		
16.Da li imate neki zdravstveni problem koji nije obuhvaćen anketom? Ako da, navedite koji.		
17.Datum popunjavanja upitnika		

Napomena 1: Podaci koji se popunjavaju u ovoj anketi ostaju arhivirani kao tajna i koristiće se isključivo za potrebe ovoga rada.

Napomena 2: Ukoliko ispitanik odgovori sa DA na bilo koje pitanje osim na pitanja 6 i 15, ne može se uključiti u eksperiment.

Saglasnost dao \_\_\_\_\_

**Prilog 2: Anketa za komplet (košulju i pantalone)**

		ocena na skali od -3 do +3	neodlučan
1.	Da li je moguće komplet skinuti i obući bez teškoća?		
2.	Da li je komplet suviše tesan u pogledu udobnosti, da li ograničava duboko disanje?		
3.	Da li je komplet suviše tesna u pogledu udobnosti, da li u bilo kom delu ograničava pokrete?		
4.	Da li se stajanje može izvesti bez teškoća?		
5.	Da li se sedenje može izvesti bez teškoća?		
6.	Da li se hodanje može izvesti bez teškoća?		
7.	Da li se dizanje obe ruke iznad glave može izvesti bez teškoća?		
8.	Da li se saginjanje i uzimanje predmeta mogu izvesti bez teškoća?		
9.	Da li košulja na bilo kom spoju tj. šavu bezrazložno ograničava pokrete?		
10.	Da li je osećaj nošenja kompleta pri mirovanju – udoban?		
11.	Da li je osećaj nošenja kompleta pri mirovanju–toplo?		
12.	Da li je osećaj nošenja kompleta pri mirovanju–vlažno?		
13.	Da li je osećaj nošenja kompleta pri normalnom hodanju – udoban?		
14.	Da li je osećaj nošenja kompleta pri normanom hodanju – toplo?		
15.	Da li je osećaj nošenja kompleta pri normanom hodanju – vlažno?		
16.	Da li je osećaj nošenja kompleta pri ubrzanom hodanju – udoban?		
17.	Da li je osećaj nošenja kompleta pri ubrzanom hodanju – toplo?		
18.	Da li je osećaj nošenja kompleta pri ubrzanom hodanju – vlažno?		
19.	Da li je dovoljno toplo u kompletu?		
20.	Da li se znojite u kompletu pri mirovanju?		
21.	Da li se znojite u kompletu pri normalnom hodu?		
22.	Kojom ocenom bi ocenili komfor (termofiziološku udobnost) košulje ocenom od -3 do +3		
23.	Da li imate još neku primedbu?		

Odgovor pod rednim brojem 23 se ne ocenjuje, on je opisan.



**Prilog 3: Anketa za jaknu**

		ocena na skali od -3 do +3	neodlučan
1.	Da li je moguće jaknu skinuti i obući bez teškoća?		
2.	Da li je jakna suviše tesna u pogledu udobnosti, da li ograničava duboko disanje?		
3.	Da li je jakna suviše tesna u pogledu udobnosti, da li u bilo kom delu ograničava protok krvi?		
4.	Da li je pri stajanju jakna udobna?		
5.	Da li je jakna udobna pri hodaњу?		
6.	Da li se dizanje obe ruke iznad glave može izvesti bez teškoća?		
7.	Da li se saginjanje i uzimanje predmeta može izvesti bez teškoća?		
8.	Da li jakna na bilo kom spoju tj. šavu bezrazložno ograničava pokrete?		
9.	Da li je osećaj nošenja jakne pri mirovanju –udoban?		
10.	Da li je osećaj nošenja jakne pri mirovanju – toplo?		
11.	Da li je osećaj nošenja jakne pri mirovanju – vlažno?		
12.	Da li je osećaj nošenja jakne pri normalnom hodaњу – udoban?		
13.	Da li je osećaj nošenja jakne pri normalnom hodaњу – toplo?		
14.	Da li je osećaj nošenja jakne pri normalnom hodaњу – vlažno?		
15.	Da li je osećaj nošenja jakne pri ubrzanom hodaњу – udoban?		
16.	Da li je osećaj nošenja jakne pri ubrzanom hodaњу – toplo?		
17.	Da li je osećaj nošenja jakne pri ubrzanom hodaњу – vlažno?		
18.	Da li je vratni izrez dovoljno komotan (da li steže vrat)?		
19.	Da li je dovoljno toplo u jakni?		
20.	Da li se znojite u jakni pri mirovanju?		
21.	Da li se znojite u jakni pri normalnom hodu?		
22.	Kojom ocenom bi ocenili komfor (termofiziološku udobnost) košulje ocenom od -3 do +3		
23.	Da li imate još neku primedbu?		

Odgovor pod rednim brojem 23 se ne ocenjuje, on je opisan.

## Biografija autora

mr Mirjana Reljić, rođena 09. 10. 1970. godine u Beogradu. Višu tehničku – tekstilnu školu završila je 1992. godine, a Tehnički fakultet “Mihajlo Pupin” u Zrenjaninu 1996. godine. Magistarske studije je završila na Tehničkom fakultetu u Zrenjaninu. Svoj magistarski rad “Optimizacija tehnoloških parametara krojenja u zavisnosti od karakteristika tkanina sa elastanom primenom računara” odbranila je 2003. godine.

Radila je na poslovima modelar odeće u preduzećima “DES” i “Kluz”, kao šef dizaj centra u „Nicola'S-u“ iz Beograda, a sada je angažovana na mestu direktora CIS Instituta i kao predavač na Visokoj strukovnoj školi za dizajn, tehnologiju i menadžment u Beogradu.

Na Visokoj strukovnoj školi za dizajn, tehnologiju i menadžment u Beogradu drži predavanja na predmetima Konstrukcija muške odeće, Modelovanje ženske odeće, Modelovanje muške odeće i Projektovanje i konstrukcija odeće specijalne namene.

Autor je nekoliko brojnih naučnih radova, neki od njih su:

1. K.A. Asanovic, D.D. Cerovic, T.V. Mihajlovic, M.M. Kostic, **M.M. Reljic**: Quality of clothing fabrics in terms of their comfort properties; Indian Journal of Fibre & Textile Research, 40(4) (2015), 363-372. **(M23)**
2. D.B.Popov, N. Cirkovic, J. Stepanovic, **M. Reljic**: The analysis of the parameters that influence these ams trength, Индустрија Текстила, 63(3), (2012) 131-136. **(M23)**
3. J. Stepanovic, N. Cirkovic, D. Radivojevic, **M. Reljic**, Defining the warp length required for weaving process, Индустрија Текстила, 63(5), (2012) 227-231. **(M23)**



Универзитет у Нишу

---

**IZJAVA O ISTOVETNOSTI ELEKTRONSKOG I ŠTAMPANOG OBLIKA  
DOKTORSKE DISERTACIJE**

Ime i prezime autora: Mirjana Reljić

Naslov disertacije: „ISTRAŽIVANJE UTICAJA KVALITATIVNIH KARAKTERISTIKA  
TKANINA NA TERMOFIZIOLOŠKA SVOJSTVA ODEĆE”

Mentor: Prof. dr Jovan Stepanović

Izjavljujem da je elektronski oblik moje doktorske disertacije, koju sam predala za  
unošenje u **Digitalni repozitorijum Univerziteta u Nišu**, istovetan štampanom obliku.

Potpis autora disertacije:

  
(Ime, srednje slovo i prezime)



Универзитет у Нишу

---

### IZJAVA O AUTORSTVU

Izjavljujem da je doktorska disertacija, pod naslovom:

“ISTRAŽIVANJE UTICAJA KVALITATIVNIH KARAKTERISTIKA TKANINA NA TERMOFIZIOLOŠKA SVOJSTVA ODEĆE”

Koja je odbranjena na Tehnološkom fakultetu Univerziteta u Nišu:

- Rezultat sopstvenog istraživačkog rada;
- Da ovu disertaciju, ni u celini, niti u delovima, nisam prijavljivala na drugim fakultetima, niti univerzitetima;
- Da nisam povredila autorska orava, niti zloupotrebila intelektualnu svojinu drugih lica.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci, koji su u vezi sa autorstvom i dobijanjem akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada, i to u katalogu Biblioteke, Digitalnom repozitorijumu Univerziteta u Nišu, kao i i publikacijama Univerziteta u Nišu.

Autor disertacije: mr Mirjana Reljić

Potpis autora disertacije:

  
(Ime, srednje slovo i prezime)



Универзитет у Нишу

---

## IZJAVA O KORIŠĆENJU

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Nikola Tesla“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Nišu unese moju doktorsku disertaciju, pod naslovom:

“ISTRAŽIVANJE UTICAJA KVALITATIVNIH KARAKTERISTIKA TKANINA NA TERMOFIZIOLOŠKA SVOJSTVA ODEĆE”

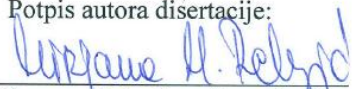
Disertaciju sa svim priložima predala sam u elektronskom obliku, pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju, unetu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Nišu, mogu koristiti svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons), za koju sam se odlučila.

1. Autorstvo (CC BY)
2. Autorstvo – nekomercijalno (CC BY-NC)
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade (CC BY-NC-ND)
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)
5. Autorstvo – bez prerade (CC BY-ND)
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima (CC BY-SA)

Autor disertacije: Mirjana Reljić

Potpis autora disertacije:

  
(Ime, srednje slovo i prezime)