

# ANALIZA UTICAJA UGLJENIČNIH VLAKNA NA ELEKTROSTATIČKA SVOJSTVA TKANINA NAMENJENIH ZA IZRADU ZAŠTITNE ODEĆE

Đorđić Dragan<sup>1\*</sup>, Petrović Vasilije<sup>2</sup>, Samir Pačavar<sup>1</sup>, Anita Milosavljević<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Travnik, Faculty of Technical Studies, Travnik,  
Bosnia and Herzegovina

<sup>2</sup> University of Novi Sad, Technical faculty „Mihajlo Pupin“,  
Zrenjanin, Republic of Serbia

\* e-mail: ddjordjic@yahoo.com

Scientific paper

UDC: 677.1/5.+678.6: 687.052

DOI: 10.5937/tekstind2302063D



**Apstrakt:** U radu su ispitivana elektrostatička svojstva tkanina, od kojih tri tkanine u svom sirovinskom sastavu sadrže od 1-2% ugljeničnih vlakana. Poređena su elektrostatička svojstva šest uzoraka tkanina od kojih su tri tkanine proizvedene od 100% pamučnih vlakana i tri tkanine su proizvedene od poliestarskih, pamučnih i ugljeničnih vlakana u sledećem odnosu: uzorak 1: pamuk 75%, poliestar 24% i ugljenična vlakna 1%, uzorak 2: poliestar 54%, pamuk 44%, ugljenična vlakna 2%, uzorak 3: poliestar 66,5 %, pamuk 32%, ugljenična vlakna 1,5%. Uzorci 4, 5 i 6 su proizvedeni od 100% pamučnih vlakana. Površinske mase ispitivanih uzoraka su približne i kreću se u rasponu od 201,7 g·m<sup>-2</sup> do 210,5 g·m<sup>-2</sup>. Cilj rada je da se poređenjem tkanina koje sadrže primese ugljeničnih vlakna u svom sirovinskom sastavu u procentualnom odnosu od 1% - 2% sa tkaninama koje su proizvedene od 100 % pamučnih vlakana i koje su obrađene u cilju antistatičnosti ustanovi koje tkanine i u kojoj mere pružaju bolju zaštitu od nakupljanja elektrostatičkog naboja i koje ga bolje apsorbiraju sa svoje površine i odvođe kroz tkaninu. Ispitivanja su rađena prema standardu EN ISO 1149-3 metodom kojom se meri odvođenje naelektrisanja. Rezultati su pokazali da tkanine koje u sebi sadrže ugljenična vlakna pokazuju manje vrednosti Er (maksimalne jačine električnog polja zabeležena na uređaju sa uzorkom koji se ispituje na poziciji za merenje) i veće vrednosti zaštitnog faktora S.

**Ključne reči:** antistatik tkanine, elektrostatička svojstva, ugljenična vlakna, zaštitna odeća.

## ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CARBON FIBERS ON THE ELECTROSTATIC PROPERTIES OF FABRICS INTENDED FOR THE PRODUCTION OF PROTECTIVE CLOTHING

**Abstract:** The paper examined the electrostatic properties of fabrics, of which three fabrics contain 1-2% carbon fibers in their raw material composition. The electrostatic properties of six fabric samples were compared, of which three fabrics were produced from 100% cotton fibers and three fabrics were produced from polyester, cotton and carbon fibers in the following ratio: sample 1: cotton 75%, polyester 24% and carbon fibers 1%, pattern 2: polyester 54%, cotton 44%, carbon fiber 2%, pattern 3: polyester 66.5%, cotton 32%, carbon fiber 1.5%. Samples 4, 5 and 6 are made of 100% cotton fibers. The surface masses of the tested samples are approximate and range from 201.7 g·m<sup>-2</sup> to 210.5 g·m<sup>-2</sup>. The aim of the work is to compare fabrics that contain admixtures of carbon fibers in their raw material composition in a percentage ratio of 1% - 2% with fabrics that are produced from 100% cotton fibers and that have been processed for the purpose of antistatic, to establish which fabrics and to what extent provide better protection against the accumulation of electrostatic charge and which better

*absorb it from their surface and drain it through the fabric. The tests were carried out according to the EN ISO 1149-3 standard using the method that measures the discharge of electric charges. The results showed that fabrics containing carbon fibers showed lower values of  $E_r$  (maximum electric field strength recorded on the device with the sample being tested at the measuring position) and higher values of protection factor  $S$ .*

**Keywords:** antistatic fabrics, electrostatic properties, carbon fibers, protective clothing.

## 1. UVOD

Tekstilne tkanine su uvek u kontaktu sa delovima mašinskih uređaja tokom procesa proizvodnje i sa ljudskim telima tokom nošenja [1].

Poznato je da sintetička vlakna i materijali akumuliraju statički elektricitet još tokom proizvodnje i prerade, drugim rečima, veoma su naelektrisani. Akumulacija naboja statičkog elektriciteta je jedan od suštinskih nedostataka sintetičkih vlakana. To značajno komplikuje njihovu obradu i pri radu sa takvim materijalima iskra koja nastaje pri elektrostatičkom pražnjenju, može dovesti do požara, eksplozija i drugih nepoželjnih pojava u određenim sredinama. Štaviše, statički elektricitet negativno utiče i na zdravlje ljudi [2].

Tekstilni materijali (tekstil, tkanine, mebl tkanine) su široko rasprostranjeni koriste i poznati su po sposobnosti da akumuliraju naelektrisanje. Da bi se izbegli pomenuti nepoželjni efekti tekstilni materijal moraju biti razvijani tako da bi imaju prihvatljiva elektrostatička svojstva. Tekstil materijali se ponašaju kao kondenzator električnog naboja koji se sastoje od vlakana i vazdušnih džepova [3].

Ljudsko telo je generator primarnog naboja i zato je antistatička odeća najbolji metod zaštite od elektrostatičkog naboja. Svi međunarodni standardi, uključujući i EN 61340-5-1, naglašavaju da je potrebno nositi zaštitnu odeću kako na samom radnom mestu tako i u svim EPA zonama. Upotreba antistatičke odeće je jedan od najdelotvornijih metoda zaštite od elektrostatičkog naboja [4]. Nekonrolisano oslobađanje od nakupljanja statičkog elektriciteta predstavlja potencijalnu opasnost u mnogim industrijama, posebno tamo gde su prisutna zapaljiva goriva, gasovi i prašina. Takođe je podjednako opasno za bezbedno sastavljanje osetljivih komponenti u čistim prostorijama i rad i održavanje elektronske opreme. Jedan od najozbiljnijih rizika je od ljudskog tela koje je sposobno da generiše do 40.000 volti statičkog elektriciteta [5].

Većina antistatik odeće je proizvedena od poliesterskih ili pamučnih vlakana sa dodatkom ugljeničnih vlakana u određenom procentu. Ova vlakna efikasno stvaraju Faradejev kavez oko tela osobe koja nosi ovaj odevni predmet. On štiti i raspršuje sva

naelektrisanja nastala od odeće koja bi inače mogla da ošteti sve uređaje osetljive na statički elektricitet. Zaštitna odeća u cilju sprečavanja elektrostatičkog pražnjenja (ESD) se uglavnom proizvodi od veštačkih vlakana jer se za razliku od prirodnih vlakana, veštačka vlakna otpornija. Ovo pomaže da se minimizira statičnost i stvori bezbednije radno okruženje. Sva ESD bezbedna odeća mora da ispunjava standarde za ESD odeću postavljene međunarodnim standardom IEC-61340-1-5 kako bi se pravilno zaštitili zaposleni ili osobe i okolina [6].

Da bi se izbegli neželjeni efekti, mora se osigurati da se električna energija nikada ne nagomilava na odeći. Drugim rečima, mora se obezbediti neka vrsta električnog kola sposobna da neškodljivo odnese bilo kakvo električno punjenje. Antistatički proizvodi to rade na različite načine, ponekad fizički, a ponekad hemijski [7].

U radu [10] ukazano je na uticaj termičkog fiksiranja međupostave kvalitet odevnih tkanina sa aspekta njihovih električnih otpornosti, dok se u radu [13] ukazuje na uticaj vlažnosti i antistatičke obrade tekstilnog materijala na zapreminsku specifičnu električnu otpornost tkanina sirovinskog sastava poliester/pamuk. Radovi [11] i [12] govore o izgledu zaštitne odeće kroz vekove i o dizajnu i konstrukciji naprednog modela zaštitne odeće.

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

Ispitivano je šest uzoraka tkanina prema standardu SRPS EN 1149-3 kojim su utvrđene metode za merenje disipacije elektrostatičkog naelektrisanja na površini materijala za odevne predmete. Primenjena metoda koristi se za sve materijale odnosno i na homogenizovane i nehomogenizovane materijale sa provodljivim vlaknima na površini i provodljivim vlaknima u jezgru.

Ispitivani materijali su namenjeni za izradu radnih odela odnosno zaštitne odeće koja će se koristiti u radnom okruženju koje je visoko rizično i čija je radna sredina zasićena zapaljivim isparenjima.

Tehničke karakteristike 6 uzoraka tkanina prikazane su u Tabeli 1. U tabeli su navedeni i standardi po kojima su tehničke karakteristike uzoraka ispitivane.

**Tabela 1:** Tehničke karakteristike ispitivanih materijala

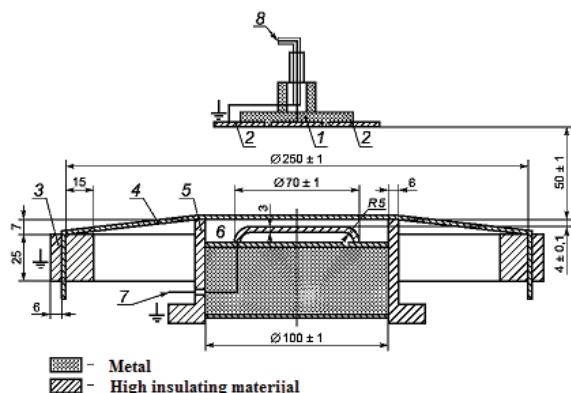
Tehničke karakteristike	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3	Uzorak 4	Uzorak 5	Uzorak 6
Sirovinski sastav ISO 1833-1 ISO 1833-2	Pamuk 75% Poliestar 24% Ugljenična vlakna 1%	Poliestar 54% Pamuk 44% Ugljenična vlakna 2%	Poliestar 66,5% Pamuk 32% Ugljenična vlakna 1,5%	Pamuk 100%	Pamuk 100%	Pamuk 100%
Površinska masa ISO 3801	210,3 g·m <sup>2</sup>	210,5 g·m <sup>2</sup>	208,4 g·m <sup>2</sup>	212,5 g·m <sup>2</sup>	201,7 g·m <sup>2</sup>	208,9 g·m <sup>2</sup>
Elektrostatička svojstva SRPS EN 1149-3:2010						
-Er (V/m)	293	374	266	1550	1713	1705
-t <sub>50</sub> (s)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
-S-faktor	0,94	0,96	0,97	0,83	0,83	0,83

Maksimalna jačina električnog polja zabeleženog na uređaju sa uzorkom koji se ispituje na poziciji za merenje je označena sa  $E_r$  a koja se izražava u V/m. Vreme polupraznjenja  $t_{50}$  je vreme potrebno da se naznačena jačina polja smanji na  $E_{max}/2$  (s). Zaštitni faktor S je odnos  $E_{max}$  i  $E_r$  izračunat kao:

$$S = 1 - \frac{E_r}{E_{max}} \quad (1)$$

$E_{max}$  je jačina električnog polja zabeležena na uređaju bez prisutnosti uzorka koji se ispituje (kV/m) [8]

Na Slici 1. su prikazane dimenzije elektrode polja, steznog prstena uzorka i rastojanja.

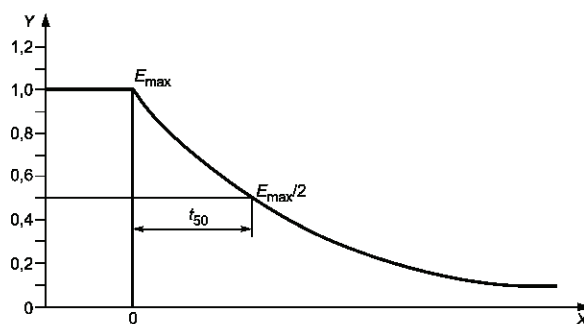


**Slika 1:** Šematski prikaz aparata za merenje elektrostatičkih svojstva zaštitne odeće metodom odvođenja naelektrisanja sa sastavnim delovima uređaja [8]

Na Slici 1 označeno je sa:

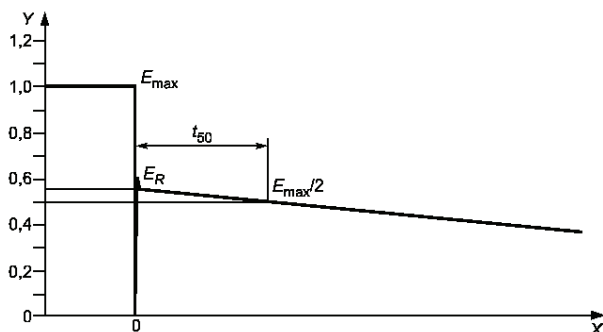
1. Sonda za merenje polja - Field-measuring probe
2. Zaštitni prsten - Guard ring
3. Prsten za stezanje (učvršćivanje) uzorka - Specimen clamping ring
4. Uzorak za ispitivanje - Test specimen
5. Potporni prsten - Supporting ring
6. Polje elektrode - Field-electrode
7. Električna žica, priključak na generator napona - Electric wire, connection to voltage generator
8. Električna žica, priključak na pojačalo punjenja - Electric wire, connection to charge amplifier

Na Slikama 2 i 3 prikazani su primeri zapisa merenja za materijal sa i bez efekta zaštite.



**Slika 2:** Primer zapisa merenja pražnjenja disipativnog materijala bez efekta zaštite [8]

Na slici 2 označeno je sa: X – vreme, Y - jačina polja (relativne jedinice).



**Slika 3:** Primer zapisa merenja pražnjenja za materijal sa efektom zaštite [8]

Na Slici 3 označeno je sa: X – vreme, Y - jačina polja (relativne jedinice).

Na Slici 4 je prikazan izgled aparata sa uzorkom.



**Slika 4:** Izgled aparata za merenje elektrostatičkih svojstava prema standardu EN 1149-3 [9]

### 3. DISKUSIJA REZULTATA

Kao što je prikazano u Tabeli 1, površinske mase ispitivanih uzorka se kreću u rasponu od  $201,7 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  do  $212,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ . Sirovinski sastav ispitivanih uzorka broj 1, 2 i 3 u sebi sadrži od 1% do 2% ugljeničnih vlakana a u većinskom delu se sastoji od pamučnih i poliesterskih vlakana. Uzorci 4, 5 i 6 se sastoje od 100 % pamučnih vlakana i obrađeni su u cilju odvođenja naelektrisanja. Za svaki uzorak uzeto je po 10 epruveta i vršena su njihova merenja.

U delu ispitivanja elektrostatičkih svojstava ispitivanih uzorka evidentne su razlike kod maksimalne jačine električnog polja zabeleženog na uređaju sa uzorkom koji se ispituje na poziciji za merenje i označavaju jedinicom volt po metru. Uzorci 1, 2 i 3 pokazuju znatno niže vrednosti  $E_R$  u odnosu na uzorke 4, 5 i 6 koji su proizvedeni od 100% pamučnih vlakana. Uzorci 1, 2 i 3 koji u svom sastavu sadrže od 1% do 2% ugljeničnih vlakana imaju i do pet puta niže vred-

nosti maksimalne jačine električnog polja na poziciji za merenje i one se kreću od  $266 \text{ V/m}$  (uzorak 3) do  $374,4 \text{ V/m}$  (uzorak 2). Uzorci 4, 5 i 6 proizvedeni od 100 % pamučnih vlakana imaju vrednosti  $E_R$  od  $1550 \text{ V/m}$  (uzorak 1) do  $1713 \text{ V/m}$  (uzorak 2).

Jačina električnog polja je kvantitativni izraz inteziteta električnog polja na određenoj lokaciji a u ovom slučaju na uređaju sa uzorkom koji se ispituje na poziciji za merenje.

Vreme polupražnjenja  $t_{50}$  je kod svih uzoraka manje od 0,01. Zaštitni faktor S se kod uzoraka 1, 2 i 3 kreće od 0,94 (uzorak 1) do 0,97 (uzorak 3) a kod uzoraka 4, 5 i 6 odnosno tkanina proizvedenih od 100 % pamučnih vlakana iznosi kod sva tri uzorka 0,83.

Dobijeni rezultati jasno ukazuju opravdanost primene ugljeničnih vlakana za izradu tkanina koje se koriste za radnu odeću koja mora zadovoljiti antistatička svojstva.

### 4. ZAKLJUČAK

Ovim ispitivanjem dobijeni su rezultati koji jasno ukazuju opravdanost primene ugljeničnih vlakana za izradu tkanina koje se koriste za radnu odeću koja mora zadovoljiti antistatička svojstva. Pregledom rezultata elektrostatičkih svojstava tkanina prikazanih u Tabeli 1 evidentna je razlika u delu maksimalne jačine električnog polja  $E_R$  zabeleženog na uređaju sa uzorkom koji se ispituje na poziciji za merenje. Kod uzoraka 1, 2 i 3 koji su prizvedeni od poliestarskih i pamučnih vlakana i koji imaju u svom sastavu od 1% do 2% ugljeničnih vlakana vrednosti  $E_R$  su od 4 do 6 puta niže u odnosu na uzorke 4, 5 i 6 koji su proizvedeni od 100% pamučnih vlakana. Takođe, primetna je razlika i u vrednostima zaštitnog S faktora koje su veće u rasponu od 10% do 14% u odnosu na vrednosti uzorka 4, 5 i 6 koji su proizvedeni od 100% pamučnih vlakana i koji su obrađeni u cilju odvođenja naelektrisanja sa površine tkanine. Znatna razlika vrednosti  $E_R$  koja su zabeležena kod uzoraka 1, 2 i 3 se može delom pripisati ugljeničnim vlaknima koja zbog svojih antistatičkih svojstava pogoduju odvođenju naelektrisanja sa površine tkanine i ujedno sprečavaju nagomilavanje istog na površini uzorka.

### REFERENCE

- [1] Parsons, L, Static with Curtain Fabric, (2009).
- [2] Akbarov D., Baymuratov B., Akbarov R., Kiekens P., Westbroek Ph., De Clerck (2005). Development of electroconductive polyacrylonitrile fibers through chemical metallization and galvanisation, *Journal of Applied Electrochemistry*, UK, 411-418.

- [3] Alekseeva, L. V. (2007). Theoretical Aspects of Predicting the Electrostatic Properties of Textile Materials, *Fibre Chemistry*, 39 (3), 225 – 226.
- [4] <https://www.interelectronic.co.rs/product-category/antistatik-zastita-esd/odeca/>-pristupljeno 20.01.2023.
- [5] Tehničke informacije, preuzeto sa adrese <https://www.klopman.com/antistatic-fabrics>-pristupljeno 20.12.2022
- [6] <https://www.bondline.co.uk/blog/antistatic-clothing-what-you-need-to-know>-pristupljeno 20.01.2023.
- [7] <https://www.explainthatstuff.com/howantistatic-coatingswork.html> - pristupljeno 10.12.2022.
- [8] EN 1149-3 Protective clothing-Electrostatic properties-Part 3: Test methods for measurement of charge decay
- [9] <https://www.youtube.com/watch?v=OdTT8mI0Jmo> - pristupljeno 25.01.2023.
- [10] Asanović K., Mihailović T. Kostić M. Gajić I. Ivanovska A. (2020). Uticaj termičkog fiksiranja međupostave na kvalitet odevnih tkanina ocenjen sa aspekta njihovih električnih otpornosti, *Tekstilna industrija*, 68(4), 4-11.
- [11] Risteski S., Srebrenkoska V. (2020). Izgled zaštitne odeće kroz vekove, *Tekstilna industrija*, 68(4), 38-48
- [12] Risteski S., Srebrenkoska V. (2017). Dizajn i konstrukcija naprednog modela zaštitne odeće, *Tekstilna industrija*, 2017, 65 (1), 29-35.
- [13] Šmelcerović M., Trajković C., Đorđević D. (2007). Uticaj vlažnosti i antistatičke obrade tekstilnog materijala na zapreminsku specifičnu električnu otpornost tkanina sirovinskog sastava poliester/pamuk“, *Tekstilna industrija*, 55(1-3), 17-25.

---

Primljeno/Received on: 08.03.2023.

Revidirano/ Revised on: 03.04.2023

Prihvaćeno/Accepted on: 05.04.2023

---

© 2021 Authors. Published by Union of Textile Engineers and Technicians of Serbia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)