



**ŠESTI NAUČNO-STRUČNI  
SKUP POLITEHNIKA**

# **ZBORNİK RADOVA**



Beograd, 10. decembar 2021. godine



ŠESTI NAUČNO-STRUČNI SKUP  
**POLITEHNIKA**

**ZBORNİK RADOVA**

**Izdavač**

Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd  
Katarine Ambrozić 3, Beograd  
[www.atssb.rs](http://www.atssb.rs)

**Za izdavača**

dr Marina Stamenović, profesor strukovnih studija

**Urednici sekcija**

dr Ivana Matić Bujagić

dr Svetozar Sofijanić

dr Sanja Petronić

dr Željko Ranković

dr Kovička Banjević

dr Vladanka Stupar

mr Jelena Zdravković

dr Nenad Đorđević

**Tehnička priprema i dizajn korica**

ATSSB — Odsek Beogradska politehnika

**Dizajn logoa Skupa**

Dušan Berović



ŠESTI NAUČNO-STRUČNI SKUP  
**POLITEHNIKA**

---

# ZBORNIK RADOVA

---

ŽIVOTNA SREDINA I ODRŽIVI RAZVOJ  
BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU  
MAŠINSKO INŽENJERSTVO  
SAOBRAĆAJNO INŽENJERSTVO  
MENADŽMENT KVALITETOM  
BIOTEHNOLOGIJA  
DIZAJN  
GRAFIČKO INŽENJERSTVO

Beograd, 2021. godine

**Skup su podržali:**

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

Ministarstvo zaštite životne sredine Republike Srbije

Konferencija akademija i visokih škola Srbije

Uprava za bezbednost i zdravlje na radu

Privredna komora Srbije

Društvo arhitekata Beograda

Institut za standardizaciju Srbije

Centar za promociju nauke

## **PROGRAMSKI ODBOR:**

prof. dr Vojkan Lučanin, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, predsednik  
prof. dr Slaviša Putić, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
prof. dr Aleksandar Petrović, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd  
prof. dr Aleksandar Jovović, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd  
prof. dr Aleksandar Marinković, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
prof. dr Bojan Babić, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd  
prof. dr Evica Stojiljković, Univerzitet u Nišu, Fakultet Zaštite na radu, Niš  
prof. dr Momir Praščević, Univerzitet u Nišu, Fakultet Zaštite na radu, Niš  
prof. dr Elizabeta Bahtovska, Univerzitet St. Kliment Ohridski, Tehnički fakultet, Bitolj, Makedonija  
vanr. prof. dr Darko Radosavljević, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
vanr. prof. dr Saša Drmanić, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
vanr. prof. dr Zoran Štirbanović, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet, Bor  
vanr. prof. mr Marko Luković, Univerzitet umetnosti u Beogradu, Fakultet primenjenih umetnosti, Beograd  
doc. dr Filip Kokalj, Univerzitet u Mariboru, Mašinski fakultet, Maribor, Slovenija  
doc. dr Katarina Trivunac, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
doc. dr Maja Đolić, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
doc. dr Vladimir Pavićević, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
doc. dr Nevena Prlainović, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd  
dr Jelena Ivanović Vojvodić, Društvo arhitekata Beograda-BINA, Beograd  
mr Bojana Popović, Muzej primenjene umetnosti, Beograd  
dr Marina Stamenović, Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd, Beograd  
dr Predrag Maksić, Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd, Beograd  
dr Milan Milutinović, Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd, Beograd  
dr Dejan Blagojević, Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija, Niš  
dr Vladan Đulaković, Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd, Beograd  
dr Goran Zajić, Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd, Beograd  
dr Darko Ljubić, McMaster University, Hamilton, Kanada

## **ORGANIZACIONI ODBOR:**

dr Aleksandra Božić, predsednik  
dr Jelena Drobač, zamenik predsednika  
dr Sanja Petronić  
dr Dragana Gardašević  
dr Dragana Kuprešanin  
Novak Milošević  
Natalija Jovanović  
Radomir Izgarević  
Aleksandra Jelić  
Aleksandra Janićijević

## **RECENZENTI**

dr Goran Đorđević, dr Daniela Ristić, dr Marta Trninić, dr Svetozar Sofijanić,  
dr Barbara Vidaković Ristić, Novak Milošević, Nebojša Ćurčić, dr Milivoje Milovanović,  
dr Vladan Đulaković, dr Slavica Čabrilo, dr Ljiljana Jovanović Panić, dr Miloš Purić,  
dr Višnja Sikimić, dr Olivera Jovanović, dr Tatjana Marinković, dr Ana Popović,  
mr Vesna Alivojvodić, dr Ivana Matić Bujagić, dr Aleksandra Božić, dr Koviljka Banjević,  
dr Dejan Milenković, dr Darko Radosavljević, dr Darja Žarković, dr Dominik Brkić,  
Aleksandra Jelić, dr Dejan Jovanov, mr Vladan Radivojević, dr Biljana Ranković Plazinić,  
dr Željko Ranković, dr Bogdan Marković, dr Boban Đorović, dr Dragana Velimirović,  
Aleksandra Janićijević, dr Natalija Simeonović, Sandra DePalo, mr Jelena Zdravković,  
dr Aleksandra Nastasić, dr Saša Marković, dr Saša Marković, dr Dragana Gardašević,  
dr Nedžad Rudonja, dr Nikola Tanasić, dr Zoran Stević, dr Suzana Polić, dr Sanja Petronić,  
dr Đorđe Đurđević, dr Andrijana Đurđević, dr Aleksandra Mitrović, Tomislav Simonović,  
dr Bojan Ivljanin

# SADRŽAJ

## SEKCIJA: ŽIVOTNA SREDINA I ODRŽIVI RAZVOJ

- Sonja Dmitrašinović, Miloš Davidović, Milena Jovašević Stojanović, Dragan Adamović, Maja Turk Sekulić, Zoran Čepić, Jelena Radonić**  
*Koncentracioni nivoi PM<sub>2,5</sub> gradskih, užih gradskih i industrijskih zona Novog Sada tokom zimske i letnje kratkoročne kampanje merenja* 25
- Ivana Matić Bujagić**  
*Menadžment gasovima staklene bašte kao mehanizam za ublažavanje posledica klimatskih promena* 32
- Vladana Đurđević, Svetlana Čupić, Marina Stamenović, Dominik Brkić, Ana Popović, Aleksandra Božić**  
*Validacija nestandardne fotometrijske metode za određivanje hemijske potrošnje kiseonika u otpadnoj vodi* 38
- Eleonora Gvozdić, Ivana Matić Bujagić, Ljiljana Tolić Stojadinović, Tatjana Đurkić, Svetlana Grujić**  
*Određivanje veštačkog zaslađivača ciklamata u komunalnoj otpadnoj vodi Beograda* 44
- Marina Maletić, Marija Vukčević, Danijela Prokić, Ana Kalijadis, Biljana Babić, Tatjana Đurkić**  
*Analiza estrogenih hormona iz uzoraka površinskih, podzemnih i otpadnih voda* 49
- Ljiljana Tolić Stojadinović, Eleonora Gvozdić, Svetlana Grujić, Nikolina Antić, Tatjana Đurkić**  
*Kardiovaskularni lekovi u rečnoj vodi Beograda* 55
- Bojana Maksimović, Jovica Sokolović, Branislav Stakić, Dejan Ćirić**  
*Zaštita voda u rudniku antracita „Vrška Čuka“ Avramica* 59
- Katarina Antić, Maja Turk Sekulić, Milena Stošić, Jelena Radonić**  
*Investigation MSW Landfill Leachate as a Source of Pharmaceuticals* 64
- Darja Žarković, Tamara Obradović, Nataša Lukić, Zlatka Jovanović**  
*Smanjenje ekološkog rizika u vodama Rasinskog okruga izgradnjom postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda* 70
- Suzana Radojković, Vladanka Presburger Ulniković**  
*Kvalitet vode reke Blatašnice* 76
- Suzana Radojković, Vladanka Presburger Ulniković**  
*Kvalitet vode reke Toplice* 81



- Ana Popović, Jelena Gržetić, Maja Đolić, Aleksandra Božić, Aleksandar Marinković**  
*Efikasno uklanjanje arsenatnih jona iz vode primenom magnetizovanog bioadsorbenta poreklom od otpadnog lignina* 87
- Stevan Stupar, Dušan Mijin, Denis Dinić, Milan Tanić**  
*Uklanjanje antrahinonske boje ACID Violet 109 iz vodenog rastvora Fenton procesom* 93
- Mladen Bugarčić, Petar Batinić, Katarina Pantović Spajić, Miroslav Sokić, Branislav Marković, Milan Milivojević, Aleksandar Marinković**  
*Priprema i karakterizacija mešovitog oksida  $Fe^{3+}/Cr^{3+}$  na ekspanovanom vermikulitu kao sorbenta za jone nikla* 99
- Jovana Bošnjaković, Nataša Knežević, Jovana Milanović, Aleksandar Jovanović, Mladen Bugarčić, Aleksandar Marinković**  
*Sorpciona svojstva TEMPO-oksidovanih pamučnih lintera prema jonima olova* 105
- Snežana Mihajlović, Marina Maletić, Ana Kalijadis, Ivona Janković-Častvan, Katarina Trivunac, Marija Vukčević**  
*Uklanjanje jona olova korišćenjem ugljeničnih adsorbenata na bazi pamučnih pređa: uticaj parametara dobijanja i sastava polazne sirovine na adsorpcione karakteristike* 112
- Snežana Mihajlović, Marina Maletić, Biljana Pejić, Mirjana Ristić, Aleksandra Perić Grujić, Katarina Trivunac, Marija Vukčević**  
*Uklanjanje hroma i olova iz vode korišćenjem otpadnih pređa pamuka i mešavine pamuka i poliestra* 118
- Marina Maletić, Sara Živojinović, Nataša Mladenović Nikolić, Ljiljana M. Kljajević, Snežana S. Nenadović, Marija Vukčević, Katarina Trivunac**  
*Određivanje efikasnosti adsorbenata na bazi modifikovane dijatomejske zemlje za adsorpciju katjonske boje metilensko plavo* 124
- Nataša Karić, Marina Maletić, Danka Rnjaković, Marija Vukčević, Aleksandra Perić Grujić, Mirjana Ristić, Katarina Trivunac**  
*Optimizacija procesa uklanjanja anjonskih boja iz vodenih medijuma primenom katjonskih adsorbenata na bazi skroba* 130
- Nataša Karić, Marina Maletić, Natalija Marković, Marija Vukčević, Aleksandra Perić Grujić, Mirjana Ristić, Katarina Trivunac**  
*Proučavanje adsorpcionih svojstava katjonski modifikovanog skroba za uklanjanje fosfata iz vodenih rastvora* 136
- Tijana Stanišić, Maja Đolić, Mirjana Čujić, Mirjana Ristić, Aleksandra Perić Grujić**  
*Ispitivanje adsorpcionih svojstava ilovače za uklanjanje jona olova i arsena iz vodenih rasvora* 143



## UKLANJANJE HROMA I OLOVA IZ VODE KORIŠĆENJEM OTPADNIH PREĐA PAMUKA I MEŠAVINE PAMUKA I POLIESTRA

*Snežana Mihajlović<sup>1</sup>, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu  
Marina Maletić<sup>2</sup>, Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerzitet u Beogradu  
Biljana Pejić<sup>3</sup>, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu  
Mirjana Ristić<sup>4</sup>, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu  
Aleksandra Perić Grujić<sup>5</sup>, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu  
Katarina Trivunac<sup>6</sup>, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu  
Marija Vukčević<sup>7</sup>, Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu*

**Apstrakt:** U ovom radu je ispitana mogućnost korišćenja otpadnih pamučnih pređa kao adsorbenta za uklanjanje olova i hroma iz vode, čime bi se obezbedilo ponovno korišćenje tekstilnog otpada i smanjenje troškova njegovog odlaganja. Karakterizacija pamučne pređe (CY) i mešavine pamuk/poliestar (CY/PES) izvršena je skenirajućom elektronskom mikroskopijom, infracrvenom spektroskopijom sa Furijeovom transformacijom, ispitivanjem sorpcije joda i zadržavanja vode, kao i određivanjem izoelektrične tačke. Dobijeni rezultati su pokazali da prisustvo poliestarske komponente u strukturi CY/PES dovodi do smanjenja poroznosti površine pređe, kao i do povećanja površinske i strukturne kristaličnosti. Ove promene u strukturnim i površinskim karakteristikama imaju za posledicu nešto niži adsorpcioni kapacitet pređe CY/PES u poređenju sa pamučnom pređom. Obe pređe, CY i CY/PES, pokazuju relativno brzu adsorpciju jona olova i hroma, koja prati zakon kinetike pseudo-drugog reda, dok se ravnotežni adsorpcioni podaci mogu opisati modelom Lengmirove izoterme. Pokazano je da se obe ispitane pređe mogu primeniti kao jeftini adsorbenti za efikasno uklanjanje jona olova i hroma iz vode, istovremeno zadovoljavajući zahteve čistije životne sredine i cirkularne ekonomije.

**Ključne reči:** Pamučna pređa, poliestar, tekstilni otpad, adsorpcija, olovo, hrom, otpadna voda

## REMOVAL OF CHROMIUM AND LEAD IONS FROM WATER USING WASTE COTTON AND COTTON/POLYESTER YARNS AS ADSORBENTS

**Abstract:** The possibility of utilizing waste cotton-based yarns for removal of lead and chromium ions from polluted water was investigated as an attempt to reuse textile waste and reduce its disposal costs. Waste cotton (CY) and cotton/polyester (CY/PES) yarns were characterized by scanning electron microscopy, Fourier transform infrared spectroscopy, iodine sorption, water retention, and streaming potential method for determination of an isoelectric point. Obtained results showed that presence of polyester component in yarn structure reduces the porosity of

<sup>1</sup> [snezana.mihajlovic9@gmail.com](mailto:snezana.mihajlovic9@gmail.com)

<sup>2</sup> [mvukasinovic@tmf.bg.ac.rs](mailto:mvukasinovic@tmf.bg.ac.rs)

<sup>3</sup> [biljanap@tmf.bg.ac.rs](mailto:biljanap@tmf.bg.ac.rs)

<sup>4</sup> [risticm@tmf.bg.ac.rs](mailto:risticm@tmf.bg.ac.rs)

<sup>5</sup> [alexp@tmf.bg.ac.rs](mailto:alexp@tmf.bg.ac.rs)

<sup>6</sup> [trivunac@tmf.bg.ac.rs](mailto:trivunac@tmf.bg.ac.rs)

<sup>7</sup> [marijab@tmf.bg.ac.rs](mailto:marijab@tmf.bg.ac.rs)

*cotton/polyester yarn surface, while on the other hand, increases its surface, and structural crystallinity. Consequently, CY/PES showed lower adsorption capacity, compared to the CY. Both cotton and cotton/polyester yarns showed relatively fast adsorption of lead and chromium ions from binary mixture, which follows the pseudo-second order kinetic, while adsorption equilibrium data fitted better the Langmuir isotherm model. It was shown that both cotton and cotton/polyester yarns can be applied as low-cost adsorbents for efficient removal of lead and chromium ions from water, at the same time satisfying the needs for a cleaner environment and circular economy.*

**Keywords:** Cotton yarns, polyester, textile waste, adsorption, lead, chromium, wastewater

## 1. UVOD

Zagađenje voda teškim metalima je globalni problem kako za životnu sredinu tako i za ljudsko društvo. Većina jona teških metala je otrovna, sklona akumulaciji, nerazgrađiva i postojana u životnoj sredini [1]. Prisustvo jona teških metala u koncentracijama višim od dozvoljenih, može izazvati razne negativne efekte na zdravlje ljudi (anemiju, oštećenje mozga, jetre, bubrega, gubitak pamćenja, kancerogenost, mutagenost i dr.) [2] i živi svet uopšte. Uklanjanje teških metala iz otpadnih voda je veoma složen proces koji se može izvesti različitim metodama kao što su adsorpcija, koagulacija, flokulacija, jonska izmena, membranska filtracija, nanofiltracija, reverzna osmoza, precipitacija i dr. [3]. Od svih metoda, adsorpcija se pokazala kao najuspešnija, zbog značajnih prednosti, poput jednostavne tehnike rada i dizajna, ekonomičnosti i visoke efikasnosti u poređenju sa drugim metodama [4], pri čemu je izbor odgovarajućeg sorbenta ključni element za primenu ove metode. U zadnje vreme se kao sorbenti za uklanjanje teških metala iz vode sve više proučavaju jeftini, dostupni, otpadni materijali iz velikih industrijskih proizvodnih faza, koji bi se inače odlagali na deponije ili spaljivali što bi imalo negativan uticaj na kvalitet životne sredine. Takav je i čvrst otpad iz tekstilne industrije, koji je sastavljen iz komada odeće, delova raznih vrsta tkanina, otpadnih prirodnih i sintetičkih prediva i vlakana itd. Sorpciona svojstva vlakana i prediva pre svega zavise od njihovih površinskih karakteristika, kao i od prisustva kristalnih i amorfni područja u strukturi vlakana. Otpadna pamučna pređa u svojoj strukturi sadrži porozna, biorazgrađiva, hidrofилna celulozna vlakna, koja se sastoje od uređenih kristalnih i pristupačnih amorfni oblasti, sposobnih za sorpciju [5]. Mešavina pamuk-poliestar pored pamuka u svom sastavu ima i poliestarska vlakna koja su dobijena od sintetičkog polimera polietilen tereftalata [6]. Poliestarska vlakna imaju izrazitu kristalnu i gustu strukturu, pa ih karakteriše niska adsorpcija vlage. Cilj ovog rada je da se razviju jeftini i efikasni sorbenti na bazi otpadne pamučne (CY) i pamuk/poliestarske pređe (CY/PES), za uklanjanje jona teških metala Pb(II) i Cr(III), čime bi se obezbedilo ponovno korišćenje tekstilnog otpada i smanjenje troškova njegovog odlaganja.

## 2. MATERIJALI I METODE

Otpadno pamučno predivo (CY) i otpadna mešavina pamuk/poliestar (50 % pamuk-50 % poliestar) (CY/PES) dobijeni su iz proizvodnih procesa tekstilne fabrike SIMPO Dekor (Vranje, Srbija). Morfološke karakteristike površine uzoraka CY i CY/PES ispitane su skenirajućim elektronskim mikroskopom (FESEM, Mira3 Tescan). Ispitivanje sadržaja funkcionalnih grupa na površini uzoraka CY i CY/PES, pre i posle adsorpcije, izvršeno je metodom infracrvene spektrometrije sa Furijeovom transformacijom (Nicolet™ iS™ 10 FT-IR Spectrometer, Thermo Fisher SCIENTIFIC). FTIR spektri uzoraka su snimljeni u opsegu talasnih brojeva 400–4000  $\text{cm}^{-1}$ , sa rezolucijom 4  $\text{cm}^{-1}$ . Površinsko naelektrisanje uzoraka CY i CY/PES, utvrđeno je kroz vrednosti izoelektrične tačke (IEP), dobijene korišćenjem elektrokinetičkog analizatora SurPASS (Anton Paar GmbH). Sposobnost zadržavanja vode (SZV), koja predstavlja jedan od pokazatelja sorpcionih svojstava, procenjena je standardnom metodom centrifugiranja (ASTM D 2402-01 2001) [7]. Vrednost sorpcije joda,  $ISV$  (mg/g), kao mera pristupačnosti amorfni područja prediva, je određena pomoću metode Schwertassek-a [8], i izračunava se prema jednačini iz Tabele 1., gde je  $b$  ( $\text{cm}^3$ )

zapremina  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  utrošenog za titraciju slepe probe,  $t$  ( $\text{cm}^3$ ) je zapremina  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  za titraciju rastvora uzorka i  $m$  (g) je masa apsolutno suvog prediva.

**Tabela 1.** Jednačine za izračunavanje vrednosti sorpcije joda i indeksa kristalnosti

Vrednost sorpcije joda ( $ISV$ )	Indeks kristalnosti ( $X_k$ )
$ISV = \frac{(b-t) \cdot 2,04 \cdot 2,54}{m}$	$X_k = 100 - \left( \frac{ISV}{412} \cdot 100 \right)$

Kako se sorpcija joda odigrava samo u amorfnim oblastima prediva, inverzna vrednost jednog broja je proporcionalna sadržaju kristalnih oblasti i izražava se kao indeks kristalnosti ( $X_k$ ) koji se izračunava prema jednačini iz Tabele 1.

Adsorpcija jona  $\text{Pb(II)}$  i  $\text{Cr(III)}$  iz binarne smeše je izvršena u šaržnom sistemu uz konstantno mešanje na sobnoj temperaturi i pri različitim početnim koncentracijama jona u rastvoru ( $100$ - $1000 \mu\text{g dm}^{-3}$  po svakom jonu). Uzorci prediva  $\text{CY}$  i  $\text{CY/PES}$  ( $0,02$  g) su potopljeni u  $20 \text{ cm}^3$  rastvora metala, sa početne pH podešene na  $6$ . Za određivanje koncentracije jona  $\text{Pb(II)}$  i  $\text{Cr(III)}$  korišćena je induktivno kuplovana plazma sa masenom spektrometrijom ( $\text{ICP-MS Agilent 7500ce}$ ), a adsorpcioni kapacitet ( $q_t$ ), izračunat je prema jednačini:

$$q_t = \frac{(c_0 - c_t) \cdot V}{m} \quad (1)$$

gde su  $c_0$  i  $c_t$  ( $\mu\text{g dm}^{-3}$ ) početna, i koncentracija jona metala u vremenu  $t$ ,  $V$  ( $\text{dm}^3$ ) zapremina rastvora i  $m$  (g) masa adsorbenta. U Tabeli 2. su prikazane jednačine kinetike pseudo-prvog i pseudo-drugog reda, kao i jednačine Lengmirove i Frojndlihove adsorpcione izoterme, gde su  $q_t$  i  $q_e$  ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) adsorpcioni kapaciteti u vremenu  $t$  (min) i ravnoteži,  $k_1$  ( $\text{min}^{-1}$ ) i  $k_2$  ( $\text{g } \mu\text{g}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ) su konstante brzine pseudo-prvog i pseudo-drugog reda,  $Q_0$  ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) je maksimalni adsorpcioni kapacitet,  $b$  ( $\text{dm}^3 \mu\text{g}^{-1}$ ) je Lengmirova konstanta vezana za toplotu adsorpcije,  $C_e$  ( $\mu\text{g dm}^{-3}$ ) je ravnotežna koncentracija jona metala,  $K_f$  ( $\mu\text{g g}^{-1} (\mu\text{g dm}^{-3})^{-1/n}$ ) je Frojndlihoва konstanta, a  $1/n$  je faktor heterogenosti.

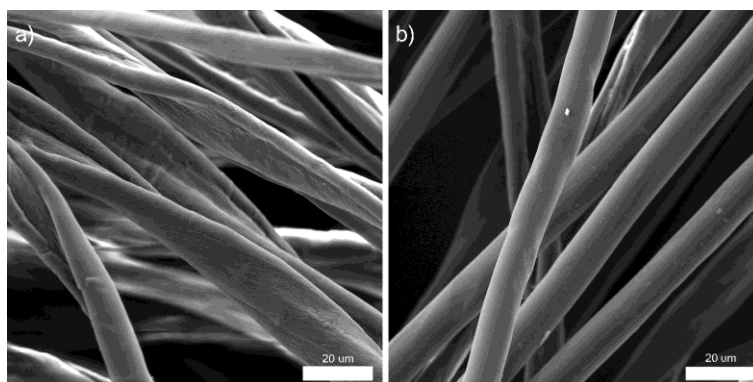
**Tabela 2.** Jednačine korišćenih teorijskih modela

Kinetika pseudo-prvog reda	Kinetika pseudo-drugog reda	Lengmirova izoterma	Frojndlihoва izoterma
$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \left( \frac{k_1}{2,303} \right) \cdot t$	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 \cdot q_e^2} + \frac{1}{q_e} \cdot t$	$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{b \cdot Q_0} + \frac{1}{Q_0} \cdot C_e$	$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \cdot \ln C_e$

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Morfologija i struktura uzoraka  $\text{CY}$  i  $\text{CY/PES}$  prikazane su na Slici 1. Primećuje se spiralna uvijenost pamučne komponente pređe, kao i nehomogenost i hrapavost površine pamuka (Slika 1a). Na Slici 1b uočavaju se vlakna pređe pamuk/poliestar, gde je pored pamučne komponente prisutno i poliestarsko vlakno sa jednoličnom cevastom strukturom i glatkom površinom.

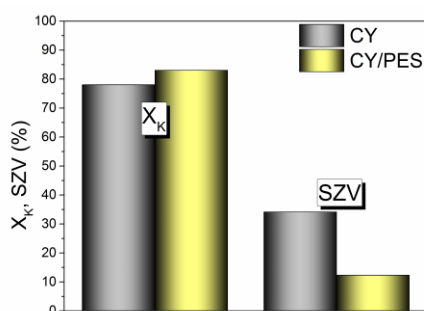
Vrednost sorpcije joda ( $ISV$ ) dobijena za uzorak  $\text{CY/PES}$  iznosi  $69,86 \text{ mg I}_2 \text{ g}^{-1}$ , i manja je od vrednosti dobijene za uzorak  $\text{CY}$  ( $90,51 \text{ mg I}_2 \text{ g}^{-1}$ ), što je posledica prisustva više kristalnih područja koja potiču od poliestarske komponente.



**Slika 1.** SEM fotografije uzoraka a) CY i b) CY/PES

**Izvor:** *Izvano autorsko*

Veća vrednost indeksa kristalnosti (Slika 2) dobijena za CY/PES (83,04 %), u odnosu na CY (78,03 %), takođe je posledica prisustva poliestarske komponente. Na istoj slici su prikazane i vrednosti sposobnosti zadržavanja vode, koja je kod uzorka CY/PES (12,32 %) niža u odnosu na uzorak CY (34,14 %), zbog glatke površine poliestarske komponente.

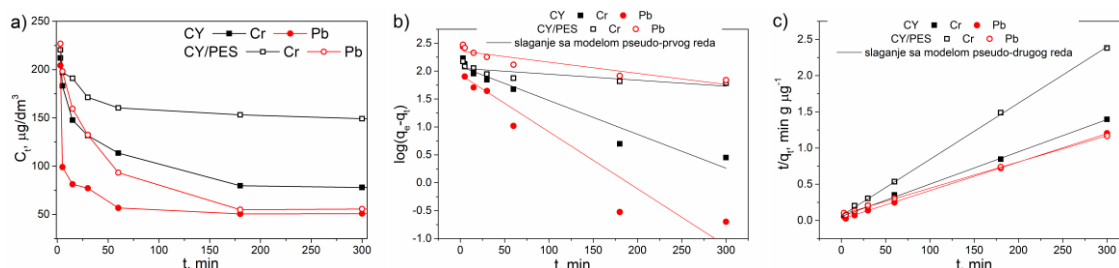


**Slika 2.** Vrednosti indeksa kristalnosti ( $X_k$ ) i sposobnost zadržavanja vode (SZV) za uzorke CY i CY/PES

**Izvor:** *Izvano autorsko*

Dobijene vrednosti izoelektrične tačke (IEP=2,25 za CY i IEP=1,34 za CY/PES uzorak) pokazuju da su u vodenom rastvoru, pH vrednosti iznad 2,25, površine ispitivanih uzoraka negativno naelektrisane i sposobne da privlače i vezuju pozitivno naelektrisane jone metala.

Pad koncentracije jona olova i hroma tokom vremena, usled adsorpcije na predivima CY i CY/PES, prikazan je na Slici 3a.

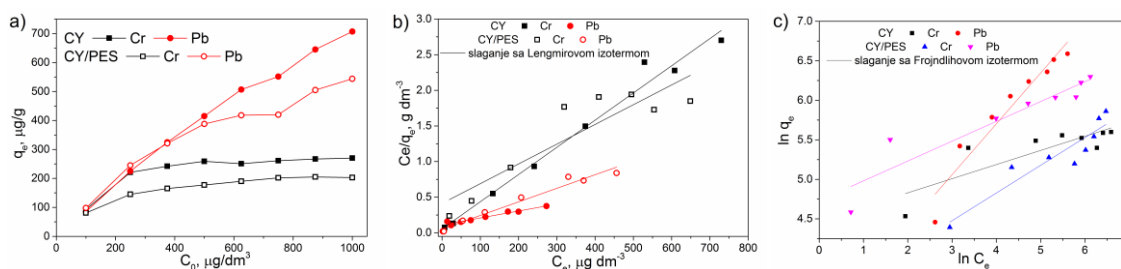


**Slika 3.** Zavisnost koncentracije Pb(II) i Cr(III) od vremena adsorpcije (a) i slaganje kinetike adsorpcije sa modelom pseudo-prvog (b) i pseudo-drugog reda (c)

**Izvor:** *Izvano autorsko*

Adsorpcija jona olova na pamučnoj pređi je relativno brz proces, jer do uspostavljanja ravnoteže dolazi nakon 60 minuta. Oba uzorka pređe pokazala su visoke kapacitete za adsorpciju jona olova, dok uzorak CY pokazuje veći kapacitet za adsorpciju jona hroma od uzorka CY/PES. Poređenjem eksperimentalno dobijenih podataka sa kinetičkim modelima (Slike 3b i 3c), dobijena je linearna

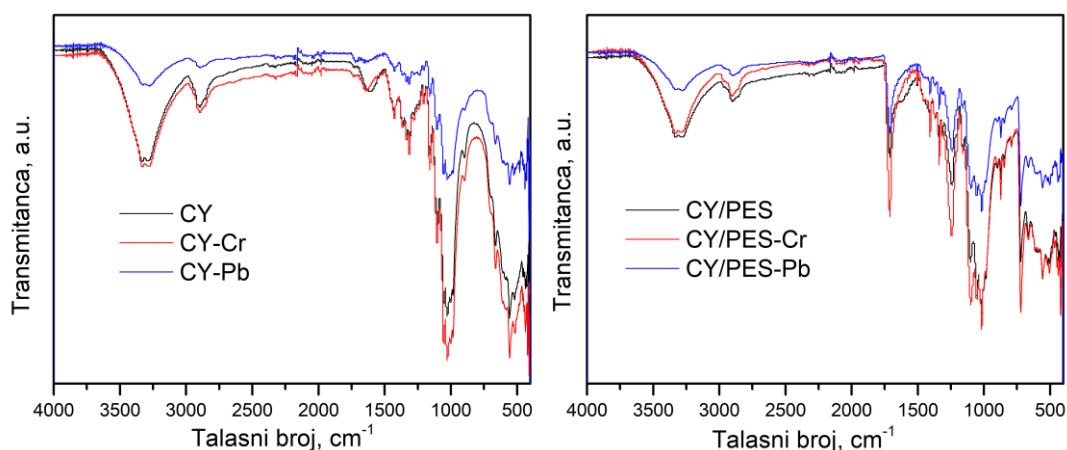
zavisnost korišćenjem kinetičkog modela pseudo-drugog reda, pa se ovaj model može koristiti za opisivanje adsorpcije olova i hroma na površini ispitivanih pređa i ukazuje da se adsorpcija odvija mehanizmom hemisorpcije. Porast početne koncentracije metala dovodi do porasta adsorpcionih kapaciteta ispitivanih pređa (Slika 4a) za adsorpciju olova, dok u slučaju adsorpcije hroma dolazi do zasićenja i povećanje početne koncentracije hroma iznad  $750 \mu\text{g dm}^{-3}$  ne dovodi do daljeg povećanja adsorpcionog kapaciteta. Ravnotežni adsorpcioni podaci upoređeni su sa Lengmirovom i Frojndlihovom adsorpcionom izotermom (Slike 4b i 4c), pri čemu je dobijeno bolje slaganje sa linearizovanim Lengmirovim modelom, što ukazuje da su aktivna mesta homogeno raspoređena na površini CY i CY/PES.



**Slika 4.** Zavisnost količine hroma i olova adsorbovanih na površini CY i CY/PES od početne koncentracije (a), i slaganje ravnotežnih podataka sa Lengmirovom (b) i Frojndlihovom (c) izotermom

**Izvor:** *Izvorno autorsko*

FTIR spektri, pre i posle adsorpcije (Slika 5), prikazuju sadržaj funkcionalnih grupa koje mogu predstavljati aktivna mesta za adsorpciju na površini uzoraka CY i CY/PES, kao i promene sadržaja grupa koje nastaju nakon adsorpcije jona Pb(II) i Cr(III). Prisustvo široke trake u opsegu  $3350\text{-}3250 \text{ cm}^{-1}$  kod oba uzorka, CY i CY/PES, potiče od vibracija istežanja O-H veze u hidroksilnoj grupi.



**Slika 5.** FTIR spektri prediva CY i CY/PES pre i posle adsorpcije jona Pb(II) i Cr(III)

**Izvor:** *Izvorno autorsko*

Karakteristične trake kod prediva CY, koje se nalaze na oko  $2900$ ,  $1600$  i  $1070\text{-}1020 \text{ cm}^{-1}$  mogu biti posledica vibracija C-H, C=O i C-O-C grupa [9]. FTIR spektri prediva CY/PES imaju u odnosu na CY dodatne pikove na  $1710 \text{ cm}^{-1}$  i  $1240 \text{ cm}^{-1}$  što ukazuje na prisustvo estarske grupe, dok pik na  $1505 \text{ cm}^{-1}$  potiče od vibracija aromatičnih prstenova u poliestarskim lancima [10]. Na FTIR spektrima nakon adsorpcije olova primećeno je smanjenje intenziteta traka na oko  $3300 \text{ cm}^{-1}$  i  $1630 \text{ cm}^{-1}$ , dok nakon adsorpcije hroma dolazi do smanjenja intenziteta pika na  $1630 \text{ cm}^{-1}$ . Ovo ukazuje da do adsorpcije olova dolazi na hidroksilnim i karboksilnim grupama, a da su za adsorpciju hroma najzaslužnije karboksilne grupe. Estarska grupa iz prediva CY/PES može da učestvuje u adsorpciji jona olova, što rezultira smanjenjem intenziteta traka oko  $1710$  i  $1240 \text{ cm}^{-1}$ .

FTIR spektri CY/PES nakon adsorpcije jona Cr nisu pokazali značajnije promene, osim nestanka pika na oko 1630 cm<sup>-1</sup>. Sve uočene promene u FTIR spektrima nakon adsorpcije sugerišu da kiseonične površinske grupe učestvuju u adsorpciji olova i hroma.

#### 4. ZAKLJUČAK

Na osnovu eksperimentalnih rezultata pokazano je da prisustvo poliestarske komponente u mešavini pređe pamuk/poliestar dovodi do smanjenja amorfni područja i poroznosti površine, što negativno utiče na kapacitet adsorpcije. Sa druge strane, prisustvo estarske grupe, pomera izoelektričnu tačku prema nižim vrednostima, što omogućava primenu mešavine pređe pamuk/poliestar kao adsorbenta u kiselijim sredinama. Pokazano je da hidroksilne i karboksilne grupe predstavljaju aktivna mesta za adsorpciju jona olova i hroma. Na obe ispitivane pređe adsorpcija prati kinetiku pseudo-drugog reda i može se opisati Lengmirovom adsorpcionom izotermom. Visoki adsorpcioni kapaciteti, i relativno brza adsorpcija olova na površini pamučne pređe i mešavine pamuk/poliestar pokazuju da se ove otpadne pređe mogu koristiti kao efikasni adsorbenti za uklanjanje jona olova iz vode.

#### ZAHVALNICA

Ova istraživanja finansiralo je Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Ugovori br. 451-03-9/2021-14/200135 i 451-03-9/2021-14/200287).

#### LITERATURA

- [1] Ali, H., Khan, E., Ilahi, I.: Environmental Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity, and Bioaccumulation, *Journal of Chemistry*, 2019 (2019), pp. 1-14, ISSN: 2090-9063
- [2] Carolin, C. F., Kumar, P.S., Saravanan, A., Joshiba, G.J., Naushad, M.: Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5 (2017) 3, pp. 2782-2799, ISSN: 2213-2929
- [3] Peng, H., Guo, J.: Removal of chromium from wastewater by membrane filtration, chemical precipitation, ion exchange, adsorption, electrocoagulation, electrochemical reduction, electrodialysis, electrodeionization, photocatalysis and nanotechnology: a review, *Environmental Chemistry Letters*, 18 (2020) 6, pp. 2055-2068, ISSN: 1610-3653
- [4] Afroz, S., Sen T.K.: A Review on Heavy Metal Ions and Dye Adsorption from Water by Agricultural Solid Waste Adsorbents, *Water Air Soil Pollut*, 229 (2018) 7, Article No. 225, ISSN: 0049-6979
- [5] Suhas, Gupta, V.K., Carrott, P.J.M., Singh, R., Chaudhary M., Kushwaha, S.: Cellulose: A review as natural, modified and activated carbon adsorbent, *Bioresource Technology*, 216 (2016), pp. 1066-1076, ISSN: 0960-8524
- [6] Jabbar, M., Khubab, S.: Textile raw materials, *Textile Engineering: An Introduction*, De Gruyter Oldenbourg, ISBN: 9783110413243, Berlin/Boston, (2016), pp. 20-23
- [7] ASTM D 2402-01, 2001. <http://file.yzimgs.com/175706/2012021918273071.pdf>
- [8] Lazić, B., Pejić, B., Kramar, A., Vukčević, M., Mihajlovski, K., Rusimović, J., Kostić, M.: Influence of hemicelluloses and lignin content on structure and sorption properties of flax fibers, (*Linum usitatissimum* L.). *Cellulose*, 25 (2018) 1, pp. 697–709, ISSN: 0969-0239
- [9] Mihajlović, S., Vukčević, M., Pejić, B., Perić Grujić, A., Ristić, M.: Application of waste cotton yarn as adsorbent of heavy metal ions from single and mixed solutions, *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (2020), pp. 35769–35781, ISSN: 0944-1344
- [10] Jiang, S., Xia, Z., Farooq, A., Zhang, M., Li, M., Liu, L.: Efficient recovery of the dyed cotton–polyester fabric: cellulose nanocrystal extraction and its application in composite films, *Cellulose*, 28 (2021) 5, pp. 3235-3248, ISSN: 1572-882X

=====  
CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

7.05(082)(0.034.2)  
502/504(497.11)(082)(0.034.2)  
331.45/.46(082)(0.034.2)  
005.6(082)(0.034.2)  
655(082)(0.034.2)

НАУЧНО-стручни скуп Политехника (6 ; 2021 ; Београд)

Zbornik radova [Elektronski izvor] / Šesti naučno-stručni skup Politehnika 6, Beograd, 10. decembar 2021. godine ; [urednici Ivana Matić Bujagić ... [et al.]]. - Beograd : Akademija tehničkih strukovnih studija "Beograd", 2021 (Beograd : Akademija tehničkih strukovnih studija "Beograd"). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm

Sistemske zahteve: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 200. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-7498-087-3

а) Дизајн -- Зборници б) Животна средина -- Заштита -- Зборници в) Заштита на раду -- Зборници г) Управљање квалитетом -- Зборници д) Графичка индустрија -- Зборници

COBISS.SR-ID 53380105

=====





AKADEMIJA TEHNIČKIH  
STRUKOVNIH STUDIJA  
BEOGRAD

[atssb.edu.rs](http://atssb.edu.rs)

ISBN-978-86-7498-087-3

